

Primjena Gavrilović metode na malom slivu

Matejčić, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:789475>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Iva Matejčić

Primjena Gavrilović metode na malom slivu

Završni rad

Rijeka, 2019.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Građevinarstvo
Osnove hidrotehnike**

**Iva Matejčić
JMBAG: 0115055152**

Primjena Gavrilović metode na malom slivu

Završni rad

Rijeka, 2019.

IZJAVA

Završni rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Iva Matejčić

U Rijeci, __ rujna 2019.

Primjena Gavrilović metode na malom slivu

Sažetak:

U ovom završnom radu dan je pregled primjene Gavrilović metode za procjenu intenziteta erozije, procjenu produkcije sedimentnog nanosa, procjenu transportiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom i klasifikaciju bujica. Prvi dio rada predstavlja teorijski dio gdje je opisana sama metoda kao i rješenja koja iz nje proizlaze. U drugom dijelu rada primijenjena je Gavrilović metoda za izračun intenziteta erozije i klasifikaciju bujica na primjeru sliva Dubračina u Vinodolskoj udolini.

Ključne riječi:

Gavrilovićeva metoda, intenzitet erozije, transportirani nanos, klasifikacija bujica, sliv

The application of the Gavrilović method on small catchment

Abstract:

This thesis presents application of the Gavrilović method for evaluation of erosion intensity, sediment production evaluation, evaluation of erosion material transported by the river network and torrent classification. The first part of the thesis represents theoretical analysis where the method and solutions of the method are presented. In the second part of the thesis the Gavrilović method is applied for erosion intensity and torrent classification calculation on Dubračina catchment in Vinodol valley.

Keywords:

Gavrilović method, erosion intensity, transported material, torrent classification, catchment

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. OPĆENITO O EROZIJI TLA	2
2. 1. REGIONALNA ILI PLUVIJALNA EROZIJA	2
2. 2. FLUVIJALNA EROZIJA	3
2. 3. EOLSKA EROZIJA	4
2. 4. DODATNI POJMOVI VEZANI UZ EROZIJU	5
3. GAVRILOVIĆEVA METODA	6
3. 1. PROCJENA INTENZITETA EROZIJE	7
3. 2. PROCJENA PRODUKCIJE SEDIMENTNOG NANOSA	11
3. 3. PROCJENA TRANSPORTIRANOG SUSPENDIRANOG I VUČENOG EROZIJSKOG NANOSA	12
3. 4. KLASIFIKACIJA BUJICA	13
4. PRIMJENA GAVRILOVIĆ METODE NA SLIVU DUBRAČINE	15
4. 1. ULAZNI PODATCI	16
4. 2. PROCJENA INTENZITETA EROZIJE	19
4. 2. 1. <i>Duboki</i>	21
4. 2. 2. <i>Bronac</i>	21
4. 2. 3. <i>Bartolovac</i>	21
4. 2. 4. <i>Leskovnik</i>	21
4. 2. 5. <i>Sušik</i>	21
4. 2. 6. <i>Ricina Tribaljska</i>	22
4. 2. 7. <i>Mužinići</i>	22
4. 2. 8. <i>Balasi</i>	22
4. 2. 9. <i>Slani potok</i>	22
4. 2. 10. <i>Mala Dubračina</i>	22
4. 2. 11. <i>Kučina</i>	23
4. 2. 12. <i>Malenica</i>	23
4. 2. 13. <i>Rijeka Dubračina (bez podslivova)</i>	23
4. 2. 14. <i>Cijeli sliv</i>	23
4. 3. KLASIFIKACIJA BUJICA	24
4. 3. 1. <i>Duboki</i>	24
4. 3. 2. <i>Bronac</i>	25
4. 3. 3. <i>Bartolovac</i>	25
4. 3. 4. <i>Leskovnik</i>	25
4. 3. 5. <i>Sušik</i>	26
4. 3. 6. <i>Ričina</i>	26
4. 3. 7. <i>Mužinići</i>	26
4. 3. 8. <i>Balasi</i>	27
4. 3. 9. <i>Slani potok</i>	27
4. 3. 10. <i>Mala Dubračina</i>	27
4. 3. 11. <i>Kučina</i>	28
4. 3. 12. <i>Malenica</i>	28

4. 3. 13. <i>Cijeli sliv</i>	28
5. ZAKLJUČAK	30
6. LITERATURA	31

POPIS TABLICA:

Tablica 1: Vrijednosti koeficijenta erozije (Z) (GAVRILOVIĆ, 1972)

Tablica 2: Vrijednosti koeficijenta Y (GAVRILOVIĆ, 1972)

Tablica 3: Vrijednosti koeficijenta „X x a“ (GAVRILOVIĆ, 1972)

Tablica 4: Vrijednosti koeficijenta „ ϕ “ (GAVRILOVIĆ, 1972)

Tablica 5: Karakteristike sliva Dubračina i njegovih podslivova (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Tablica 6: Vrste tla na području sliva Dubračina i njegovih podslivova (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Tablica 7: Srednje godišnje temperature za meteorološku stanicu Crikvenica (razdoblje od 1961 do 2014) (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Tablica 8: Koeficijent erodibilnosti tla (Y) za sliv Dubračine (IZRADIO AUTOR)

Tablica 9: Koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom ($X \times a$) za sliv Dubračine (IZRADIO AUTOR)

Tablica 10: Koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije (ϕ) za sliv Dubračine (IZRADIO AUTOR)

POPIS SLIKA:

Slika 1: Shematski prikaz nastajanja procesa erozije vodom

(<http://www.slideshare.net/jbgruver/soil-erosion-11826291>)

Slika 2: Shematski prikaz nastajanja eolske erozije

(<http://www.eschooltoday.com/landforms/the-process-of-wind-erosion.html>)

Slika 3: Sliv Dubračina i podslivovi (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Slika 4: Pokrov tla u slivu Dubračina i njegovim podslivovima (DRAGIČEVIĆ, 2016)

1. UVOD

Erozija tla danas predstavlja jedan od glavnih procesa zaslužnih za degradaciju i trajni gubitak tla. Erozijski procesi i bujični tokovi uništavaju zemljišta, ugrožavaju naselja i negativno utječu na život stanovništva. Radi toga se javlja potreba za istraživanjem erozijskih procesa u svrhu njihove prevencije i ublažavanja.

Za procjenu rizika od erozije vodom i klasifikaciju bujica danas se koriste razne metode. U ovom završnom radu biti će obrađena Gavrilovićeve metoda. Ona je nastala 1960-ih godina prošlog stoljeća a zasniva se na istraživanjima erozijskih procesa u slivu rijeke Morave u Srbiji. Gavrilovićeve metodom moguće je procijeniti intenzitet erozije, produkciju sedimentnog nanosa, količinu transportiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom i klasificirati bujice.

U ovom radu biti će dan pregled primjene Gavrilovićeve metode s naglaskom na procjenu intenziteta erozije i klasifikaciju bujica, kao i izračun istih na primjeru sliva Dubračina u Vinodolskoj udolini.

2. OPĆENITO O EROZIJI TLA

Erozija tla je proces koji postoji od nastanka Zemlje. Riječ „erozija“ prvi se put spominje u Plutarhovim zapisima u kojima se ukazuje na potrebu obustavljanja krčenja šumskih tala zbog povećanog površinskog otjecanja vode na tim površinama (KISIĆ, 2016).

Pojam „erozija“ obuhvaća promjene na površini zemljinog reljefa. Te promjene nastaju uslijed djelovanja oborina poput kiše, snijega i mraza, kao i uslijed djelovanja vjetra, tekuće vode, temperaturnih razlika i antropoloških činitelja. Promjene obuhvaćaju otkidanje čestica zemlje, njihov transport i taloženje (GAVRILOVIĆ, 1972).

Promjene mogu biti brze ili spore pa se sukladno tome erozija klasificira kao **usporena** i **ubrzana erozija**.

Prema uzroku i rasprostranjenosti erozivnih procesa razlikujemo (GAVRILOVIĆ, 1972):

a) **Erozija vodom** ili **vodna erozija**:

- Regionalna ili pluvijalna erozija – erozija nastala utjecajem kiše.
- Fluvijalna erozija – erozija nastala utjecajem tekuće vode
- Glacijalna erozija – erozija nastala utjecajem snijega i leda

b) **Eolska erozija** – erozija nastala utjecajem vjetra

c) **Abrazivna erozija** – erozija nastala kombiniranim utjecajem vode i vjetra (valovi)

2. 1. Regionalna ili pluvijalna erozija

Regionalna erozija vodom praktično zahvaća cijelu površinu zemljišta na svim dijelovima svijeta. Ukoliko se ta erozija promatra kao pojava u sklopu djelovanja prirodnih i antropogenih utjecaja, razlikujemo (GAVRILOVIĆ, 1972):

1. Prirodnu ili normalnu geološku regionalnu eroziju, tzv. usporenu eroziju
2. Ubrzanu ili antropogenu eroziju

Ovakvu podjelu regionalne erozije predložio je ruski znanstvenik V. Dokučajev (GAVRILOVIĆ, 1972). Prema njemu, prva vrsta regionalne erozije predstavlja prirodan proces koji se ne može spriječiti i koji se odvija kroz stoljeća. Ovaj proces smatra se korisnim zbog stvaranja aluvijalnih naslaga zemljišta u riječnim dolinama kao i

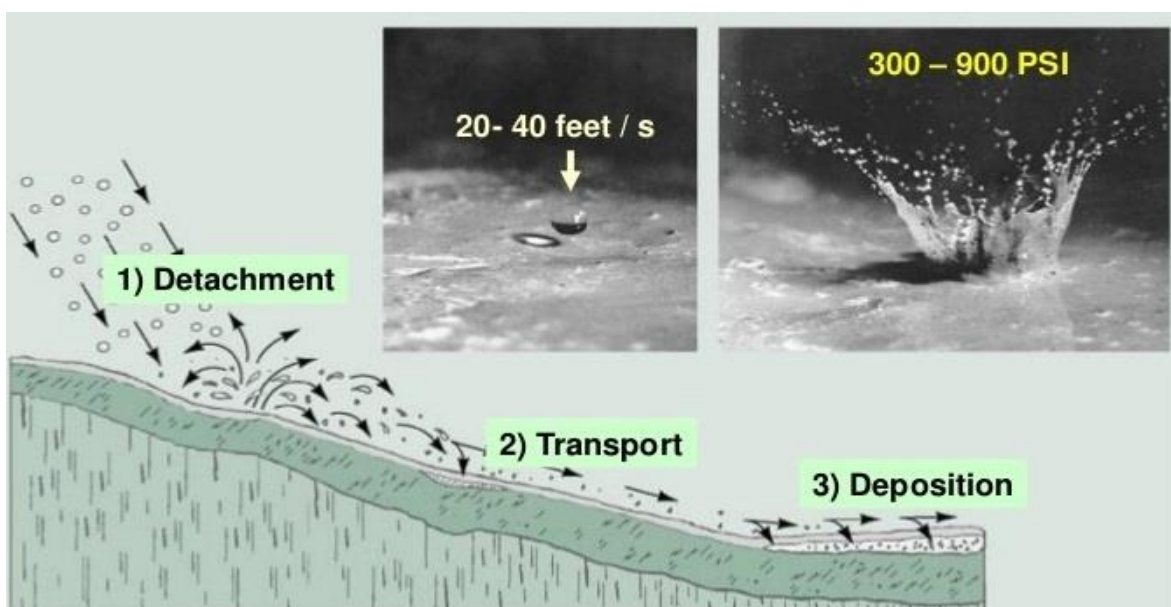
podmlađivanja zemljišta na brdskim padinama. Druga vrsta regionalne erozije javlja se kao posljedica djelovanja čovjeka u smislu nepravilne obrade zemljišta prilikom koje su gubitci tla veći od stvaranja tla prirodnim procesima.

Prema načinu kako erozija odnosi površinske slojeve zemljišta, regionalna erozija dijeli se na (GAVRILOVIĆ, 1972):

1. Površinsku eroziju
2. Mješovitu eroziju
3. Dubinsku ili linearnu eroziju

2. 2. Fluvijalna erozija

Fluvijalna erozija (Slika 1.) predstavlja kombinaciju regionalne erozije koja je potpomognuta snagom tekuće vode u riječnim koritima (GAVRILOVIĆ, 1972). Tu razlikujemo riječnu eroziju gdje se procesi erozije javljaju pretežito kao produkt rada tekuće vode riječnog toka i očituju se u obliku odrona, razaranja obala, meandriranja i stvaranja delti. Ukoliko u prirodnom slivu dođe do poremećaja vodnog režima te čestih i naglih poplava sa velikim količinama erozijskih nanosa, onda u takvom slivu prevladava bujična erozija (GAVRILOVIĆ, 1972).



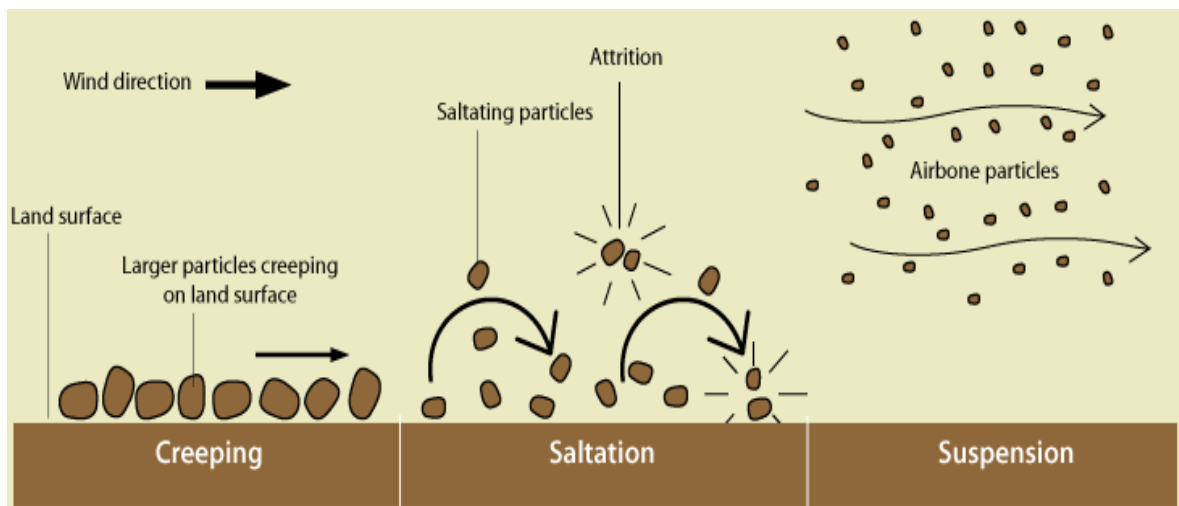
Slika 1: Shematski prikaz nastajanja procesa erozije vodom
(<http://www.slideshare.net/jbgruver/soil-erosion-11826291>)

2. 3. Eolska erozija

Eolska erozija (Slika 2.) nastaje uslijed gibanja vjetra. Njegova gustoća manja je od gustoće vode pa je stoga prijenosna snaga eolske erozije manja od prijenosne snage koju ima erozija vodom. Vjetrovi pokreću sitne čestice zemljišta, kotrljaju ih ili podižu u visinu i ponekad prenose na vrlo velike udaljenosti. Eolska erozija nije vezana samo za pustinjska i pjeskovita područja već je prisutna diljem svijeta u svim klimatskim uvjetima. Negativne posljedice erozije vjetrom iskazane su na dva načina. S jedne strane su to izravne posljedice na mjestu na kojem dolazi do erozije vjetrom a očituju se odnošenjem čestica zemljišta dok su s druge strane neizravne posljedice koje imaju utjecaj tamo gdje zračne struje donesu i odlože čestice tla.

Razlikujemo sljedeće oblike eolske erozije (GAVRILOVIĆ, 1972):

1. Slaba površinska eolska erozija
2. Osrednja površinska eolska erozija
3. Jaka površinska eolska erozija sa prijelaznim formama u dubinsku
4. Dubinska (linearna) eolska erozija



Slika 2: Shematski prikaz nastajanja eolske erozije

(<http://www.eschooltoday.com/landforms/the-process-of-wind-erosion.html>)

2. 4. Dodatni pojmovi vezani uz eroziju

Pored pojma erozije postoje i ostali pojmovi vezani uz eroziju (GAVRILLOVIĆ, 1972).

Zbog lakšeg proučavanja problema erozije, u znanosti su uvedeni pojmovi **intenzitet erozije** i **srednja godišnja produkcija erozijskog nanosa**. Intenzitet erozije i označava stupanj razvijenosti erozijskih procesa unutar određenog sliva odnosno područja. Srednja godišnja produkcija erozijskog nanosa predstavlja prosječnu količinu otkinutih, ispranih i nataloženih čestica zemlje ili stijene po jedinici površine unutar jedne godine. Najčešće se izražava u mm odnesenog ili nataloženog zemljanog sloja kao i u m^2/km^2 god., $m^3/hektar$ god., t/km^2 god. i $t/hektar$ god.

3. GAVRILOVIĆEVA METODA

U ovom završnom radu biti će obrađena i primijenjena Gavrilovićeva metoda za procjenu intenziteta vodne erozije i produkciju erozijskog nanosa. U nastavku je dan pregled metode kao i njena primjena.

Sustavna istraživanja intenziteta erozije i bujica 1950-ih godina na Institutu „Jaroslav Černi“ u Beogradu dovela su do razvoja metode za kvantitativnu klasifikaciju erozije (The Method for the Quantitative Classification of Erosion - MQCE) (ZORAN GAVRILOVIC, MILUTIN STEFANOVIC, IRINA MILOVANOVIC, JELENA COTRIC, MILETA MILOJEVIC, 2008). Ta metoda temelj je Gavrilovićeve metode.

Gavrilovićeva metoda, drugim imenom metoda potencijala erozije (Erosion Potential Method – EPM), nastala je 1960-ih godina. Metodu je razvio Slobodan Gavrilović tijekom istraživanja erozije u slivu rijeke Morave u Srbiji. Istraživanjima je otkrio mogućnost daljnjeg proširenja MQCE metode koja je korištena u svrhu određivanja intenziteta erozije. Razvoj metode bio je usmjeren ka uključivanju procjene transporta sedimenata nizvodno do kontrolnih profila. Gavrilovićeva metoda danas obuhvaća procjenu intenziteta erozije, procjenu produkcije sedimentnog nanosa, procjenu transportiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom i klasifikaciju bujica, te je dugo vremena bila standardna metoda rješavanja inženjerskih problema povezanih sa erozijom i bujicama u balkanskim zemljama (NEVENA DRAGIČEVIĆ, BARBARA KARLEUŠA, NEVENKA OŽANIĆ, 2016).

U ovom završnom radu naglasak je dan na procjenu intenziteta erozije i klasifikaciju bujica.

3. 1. Procjena intenziteta erozije

Jedna od najznačajnijih analiza kod prepoznavanja erozijskih područja je analiza o razvijenosti erozijskih procesa u slivu. Sukladno tomu, intenzitet erozije označava stupanj razvijenosti erozijskih procesa unutar određenog sliva odnosno područja. Osnovna vrijednost intenziteta erozije određena je koeficijentom erozije (Z) koji predstavlja numeričku vrijednost jačine erozijskih procesa na nekom području. Erozijska područja podijeljena su u pet kategorija s vrijednostima koeficijenta erozije (Z) koje su prikazane u tablici 1. (GAVRILOVIĆ, 1972).

Tablica 1: Vrijednosti koeficijenta erozije (Z) (GAVRILOVIĆ, 1972)

Kategorija razornosti	Jačina erozionih procesa u koritu i slivu	Tip vladajuće erozije	Koeficijent erozije "Z"	Srednja vrijednost koeficijenta "Z"
I	Ekscesivna (pretjerana) erozija	dubinska	1,51 i više	1,25
		mješovita	1,21 - 1,50	
		površinska	1,01 - 1,20	
II	Jaka erozija	dubinska	0,91 - 1,00	0,85
		mješovita	0,81 - 0,90	
		površinska	0,71 - 0,80	
III	Osrednja erozija	dubinska	0,61 - 0,70	0,55
		mješovita	0,51 - 0,60	
		površinska	0,41 - 0,50	
IV	Slaba erozija	dubinska	0,31 - 0,40	0,30
		mješovita	0,25 - 0,30	
		površinska	0,20 - 0,24	
V	Vrlo slaba erozija	tragovi erozije	0,01 - 0,19 i manje	0,10

Srednja vrijednost koeficijenta erozije (Z) za svaki pojedini slučaj može se odrediti na osnovu pregleda sliva. Ukoliko unutar sliva imamo više različitih jačina erozijskih procesa uzimamo postotak površine sliva određene jačine erozije te ga množimo sa pripadajućim koeficijentom erozije (Z). Zbrajanjem dobivenih vrijednosti dobivamo srednju vrijednost koeficijenta erozije (Z) za taj sliv.

ANALITIČKO ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA EROZIJE

Koeficijent erozije (Z) izračunava se iz izraza (GAVRILOVIĆ, 1972):

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}})$$

gdje je:

Z = koeficijent erozije; za prirodne slivove vrijednosti koeficijenta kreću se u intervalu od 0,1 do 1,5, a iznimno te vrijednosti mogu biti niže odnosno više od navedenih.

Y = koeficijent erodibilnosti tla

$X \times a$ = koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom

φ = koeficijent vidljivih i jasno izraženih proesa erozije na analiziranom području

$\sqrt{J_{sr}}$ = srednji pad sliva odnosno analiziranog područja

U tablici 2. dan je pregled vrijednosti koeficijenta erodibilnosti tla (Y) prema Gavriloviću:

Tablica 2: Vrijednosti koeficijenta Y (GAVRILOVIĆ, 1972)

Redni broj	Tipovi zemljišnih tvorevina i srodne vrste	Srednja vrijednost koeficijenta Y
1	Pijesak, šljunak i nevezana zemljišta	2,0
2	Les, tufovi, slatine, stepska zemljišta i sl.	1,6
3	Raspadnuti krečnjaci i lapori	1,2
4	Serpentini, crveni pješčari, flišne naslage	1,1
5	Podzoli i parapodzoli; raspadnuti škriljci: mikašisti, gnajšisti, argilošisti i sl.	1,0
6	Jedri i škriljasti krečnjaci: crvenice i humusno silikatna zemljišta	0,9
7	Gajnjače i planinska zemljišta	0,8
8	Smonice, ritske oranice i močvarna zemljišta	0,6
9	Černozom i aluvijalni nanosi dobre strukture	0,5
10	Goli, kompaktni eruptivi	0,25

U tablici 3. dan je pregled vrijednosti koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom ($X \times a$) prema Gavriloviću:

Tablica 3: Vrijednosti koeficijenta „ $X \times a$ “ (GAVRILOVIĆ, 1972)

Redni broj	Uvjeti koji utječu na vrijednost koeficijenata "X" i "a"	Srednja vrijednost		
		"X"	"a"	"X x a"
SLIV ILI PODRUČJE PRIJE ANTIEROZIVNIH RADOVA				
1	Potpuno golo, neobrađivo zemljište (goleti)	1,0	1,0	1,0
2	Oranice sa oranjem uz i niz brdo	0,9	1,0	0,9
3	Voćnjaci i vinogradi bez prizemne vegetacije	0,7	1,0	0,7
4	Planinski pašnjaci i suvati	0,6	1,0	0,6
5	Livade, djetelišta i slične višegodišnje poljoprivredne kulture	0,4	1,0	0,4
6	Degradirane šume i šikare sa erodiranim zemljištem	0,6	1,0	0,6
7	Šume ili šikare dobrog sklopa i obrasta	0,05	1,0	0,05
SLIV ILI PODRUČJE POSLIJE ANTIEROZIVNIH RADOVA				
1	Oranice sa konturnim oranjem (pravac izohipsi)	0,9	0,7	0,63
2	Oranice dobre njege i zaštićene mulčiranjem	0,9	0,6	0,54
3	Konturno - pojasna obrada sa plodoredom (oranice)	0,9	0,5	0,45
4	Konturni voćnjaci i vinogradi	0,7	0,45	0,315
5	Terasiranje zemljišta oranica, terase i gradoni	0,9	0,4	0,36
6	Zatravljanje golih zemljišta i melioracije pašnjaka i suvata	0,6	0,5	0,30
7	Izrada konturnih rovova srednje gustoće	0,6	0,4	0,24
8	Retardacioni vodni putevi, mikroakumulacije	0,9	0,3	0,27
9	Obično pošumljavanje u jame ili na pruge	1,0	0,2	0,2
10	Pošumljavanje uz izradu gradona	1,0	0,1	0,1
11	Uređivanje korita vodotoka tehničkim objektima: kanalizacije, kinetiranje, izgradnja pregrada, gabiona i sl.	1,0	0,7	0,7

U tablici 4. dan je pregled vrijednosti koeficijenta vidljivih i jasno izraženih procesa erozije (φ) prema Gavriloviću:

Tablica 4: Vrijednosti koeficijenta „ ϕ “ (GAVRILLOVIĆ, 1972)

Redni broj	Uvjeti koji utječu na vrijednost koeficijenta	Srednja vrijednost koeficijenta ϕ
1	Sliv ili područje potpuno obuhvaćeno jaružastom erozijom i urvinskim procesima (dubinska erozija)	1,0
2	Oko 80 % sliva ili područja pod brazdastom i jaružastom erozijom	0,9
3	Oko 50 % sliva pod brazdastom i jaružastom erozijom	0,8
4	Cijeli sliv pod površinskom erozijom: raspadine i osuline, nešto malo brazda i jaruga (dubinska erozija), kao i jaka kraška erozija	0,7
5	Cijeli sliv pod površinskom erozijom ali bez vidljivih dubinskih procesa (brazde, jaruge, odroni i sl.)	0,6
6	Zemljište sa 50 % površine obuhvaćeno sa površinskom erozijom, dok je ostali dio sliva očuvan	0,5
7	Zemljište sa 20 % površine obuhvaćeno površinskom erozijom, dok je 80 % sliva ili područja očuvano	0,3
8	Zemljište u slivu bez vidljivih tragova erozije ali u koritima vodotoka ima manjih odrona i klizanja	0,2
9	Sliv bez vidljivih tragova erozije, ali pretežno pod oranicama	0,15
10	Područje ili sliv bez vidljivih tragova erozije kako u slivu tako i u koritu vodotoka, ali pretežno pod šumama ili višegodišnjom vegetacijom (livade, pašnjaci i sl.)	0,1

Analitičkim određivanjem dolazimo do pouzdanije vrijednosti koeficijenta erozije (Z) u odnosu na obično procjenjivanje. Pri tome, vrijednosti koeficijenata Y , X , a i ϕ treba određivati prema procentualnom učešću pojedinih elemenata u bujičnom slivu ili erozionom području (GAVRILLOVIĆ, 1972).

3. 2. Procjena produkcije sedimentnog nanosa

Na temelju višegodišnjih terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja došlo se do analitičkog izraza za određivanje srednje godišnje produkcije erozijskog nanosa. Taj izraz glasi (GAVRILOVIĆ, 1972):

$$W_{god} = T \times H_{god} \times \pi \times \sqrt{Z^3} \times F$$

gdje je:

W_{god} = ukupna produkcija erozijskog nanosa u m^3/god

T = temperaturni koeficijent područja; računa se pomoću izraza $T = \sqrt{\frac{t_0}{10,0} + 0,1}$ (GAVRILOVIĆ, 1972) gdje je t_0 srednja godišnja temperatura zraka izražena u °C koja se očitava iz odgovarajućih meteoroloških karti.

H_{god} = srednja godišnja količina oborina u mm

$\pi = 3,14$

Z = koeficijent erozije sliva

F = površina sliva u km^2

3. 3. Procjena transportiranog suspendiranog i vučenog erozijskog nanosa

Pomoću izraza za određivanje srednje godišnje produkcije erozijskog nanosa dobiva se ukupna suma proizvedenog erozijskog nanosa u promatranom slivu. Međutim, ukupan erozijski nanos ne dopijeva do najniže točke sliva zaostajući po uvalicama i depresijama kao i na zaravnjenim dijelovima. Zbog toga su brojni istraživači pokušali izdvojiti ukupnu produkciju erozijskog nanosa od količine nanosa koji dopijeva na određeni hidrometrijski profil uvođenjem pojma „koeficijent retencije“ (zadržavanja) proticaja nanosa. Istraživanja su omogućila postavljanje posebnog izraza za proračunavanje koeficijenta retencije erozijskih nanosa koji glasi (GAVRILOVIĆ, 1972):

$$R_u = \frac{(O \times D)^{0,5}}{0,25 \times (L + 10,0)}$$

gdje je:

R_u = koeficijent retencije nanosa u prirodnom slivu

O = Opseg sliva u *km*

D = Srednja visinska razlika sliva u *km*

L = Dužina sliva u *km*

Množenjem izraza za određivanje srednje godišnje produkcije erozijskog nanosa (W_{god}) i izraza za proračunavanje koeficijenta retencije erozijskih nanosa (R_u) dobiva se godišnja količina transportiranog vučenog i suspendiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom koja dopijeva do hidrometrijskog profila:

$$G_{god} = T \times H_{god} \times \pi \times \sqrt{Z^3} \times F \times R_u$$

3. 4. Klasifikacija bujica

Bujice, odnosno bujični tokovi, predstavljaju poplavne vode koje karakteriziraju velike količine nanosa, visoki intenzitet erozije kao i velika razorna snaga. Njihova klasifikacija predstavlja jedan od prvih zadataka pri planiranju i projektiranju radova za uređenje bujičnih slivova i erozijskih područja.

Osnovna formula bujičnog toka sastoji se od tri člana: klase bujičnog toka, kategorije bujičnog toka i intenziteta erozije područja (ZORAN GAVRILOVIC, MILUTIN STEFANOVIC, IRINA MILOVANOVIC, JELENA COTRIC, MILETA MILOJEVIC, 2008).

Klasa bujičnog toka određuje se na temelju vrijednosti indeksa hidrografske klase toka (H_k) prema formuli (GAVRILOVIĆ, 1972):

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_t + 1}{L + 1}$$

gdje je:

F = površina sliva u km^2

L_t = dužina svih pritoka I i II reda koji se uljevaju u glavni vodotok u km

L = dužina sliva po matici glavnog vodotoka u km

A = koeficijent oblika bujičnog sliva; računa se pomoću izraza (GAVRILOVIĆ, 1972):

$$A = \frac{O}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{O}{L}$$

gdje je:

O = opseg sliva u km

L = dužina sliva po matici glavnog vodotoka u km

π = 3,14

K = klimatsko topografski koeficijent sliva; računa se pomoću izraza (GAVRILOVIĆ, 1972):

$$K = T \times \sqrt{J_s}$$

gdje je:

T = temperaturni koeficijent područja; računa se pomoću izraza $T = \sqrt{\frac{t_0}{10,0} + 0,1}$ (GAVRILOVIĆ, 1972) gdje je t_0 srednja godišnja temperatura zraka izražena u °C koja se očitava iz odgovarajućih meteoroloških karti.

$\sqrt{J_s}$ = srednji pad sliva odnosno analiziranog područja

Sukladno vrijednosti indeksa hidrografske klase toka (H_k), bujični tokovi razvrstani su u šest klasa (GAVRILOVIĆ, 1972):

1. Klasa A – bujične rijeke – $H_k > 20$
2. Klasa B – male bujične rijeke – $10 < H_k < 20$
3. Klasa C – bujični tokovi – $1,0 < H_k < 10$
4. Klasa D – suhe doline i mali bujični tokovi – $0,1 < H_k < 1,0$
5. Klasa E – urvinski tokovi – $0,05 < H_k < 0,1$
6. Klasa F – jaruge i vododerine – $H_k < 0,05$

Svaka od ovih klasa predstavlja određenu „familiju“ bujičnih tokova koja se dalje razvrstava prema kategorijama razornosti (I – V) i kojoj se dodaje vrijednost koeficijenta erozije područja (Z) iz tablice br. 1. ili se on određuje analitičkim putem. Sukladno tome formula bujičnog toka ima alfanumerički oblik: $B - III - 0587$, što znači da bujica pripada klasi B (male bujične rijeke), III kategorije razornosti sa koeficijentom erozije $Z = 0,587$ (ZORAN GAVRILOVIC, MILUTIN STEFANOVIC, IRINA MILOVANOVIC, JELENA COTRIC, MILETA MILOJEVIC, 2008).

4. PRIMJENA GAVRILOVIĆ METODE NA SLIVU DUBRAČINE

U ovom završnom radu primijenjena je Gavrilović metoda na primjeru sliva Dubračina. Dubračina je mali sliv smješten u Vinodolskoj udolini u Hrvatskom primorju. Skupa sa svojih dvanaest podslivova (Slika 3.) zauzima površinu od približno 43 km^2 (DRAGIČEVIĆ, 2016).



Slika 3: Sliv Dubračina i podslivovi (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Duljina vodotoka same rijeke Dubračine iznosi približno 14 km, odnosno približno 41 km skupa sa svojim pritocima. Iako većina od ukupno dvanaest pritoka presušuje tijekom ljetnih mjeseci, tijekom kišnih perioda vrlo su značajne oscilacije protoka (DRAGIČEVIĆ, 2016).

Geološka građa slivnog područja Dubračine je kompleksna ali se može grubo rečeno podijeliti na gornje krško područje sa strmim padinama na kojima je vidljivo kretanje

sedimenta i donje manje propusno flišno područje (DRAGIČEVIĆ, 2016).

U nastavku je dan izračun koeficijenta intenziteta erozije (Z) i napravljena je klasifikacija bujica za predmetno slivno područje. Ulazni podatci za potrebe proračuna opisani su u nastavku.

4. 1. Ulazni podatci

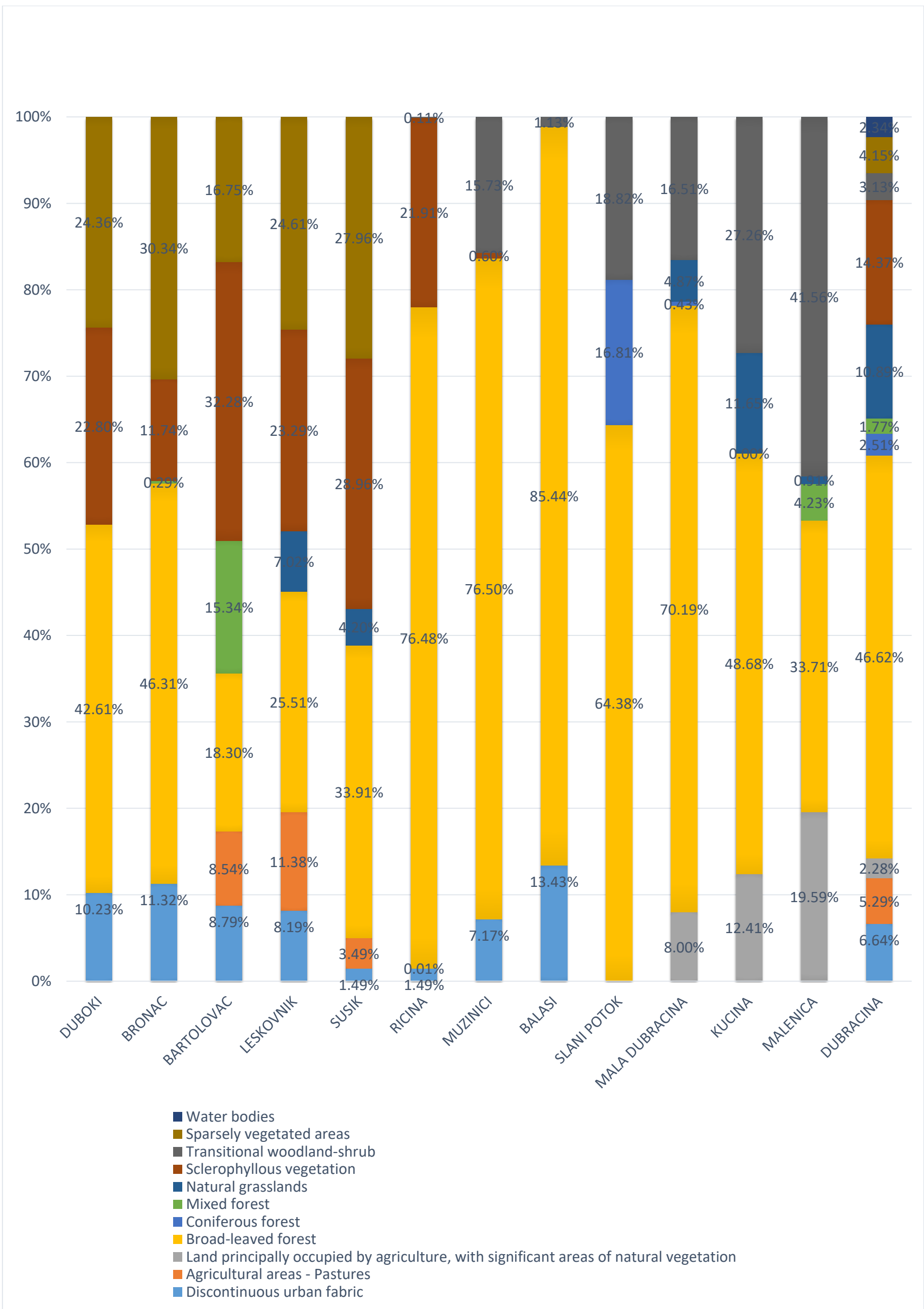
Potrebni ulazni podatci preuzeti su iz ranije provedenih istraživanja na području Dubračine (DRAGIČEVIĆ, 2016) te su dani u nastavku.

U tablici 5. dan je pregled karakteristika sliva Dubračina i njegovih podslivova: površina sliva, opseg sliva, duljina riječnog toka, srednji pad sliva i udio područja koji su zahvaćeni erozijskim procesima.

Tablica 5: Karakteristike sliva Dubračina i njegovih podslivova (DRAGIČEVIĆ, 2016)

PODSLIVOVI	POVRŠINA SLIVA [km ²]	OPSEG SLIVA [km]	DULJINA RIJEČNOG TOKA [km]	SREDNJI PAD SLIVA [%]	PODRUČJE ZAHVAĆENO EROZIJSKIM PROCESIMA	
					DA / NE	[%]
DUBOKI	0.67	3.66	0.96	44.85	NE	0.00
BRONAC	0.99	4.56	1.62	41.33	NE	0.00
BARTOLOVAC	1.49	6.40	3.03	42.31	NE	0.00
LESKOVNIK	1.62	6.22	0.87	44.70	NE	0.00
SUSIK	1.93	6.17	0.78	40.47	NE	0.00
RICINA	2.74	8.32	1.71	34.83	NE	0.00
MUZINICI	2.23	8.14	2.32	29.59	NE	0.00
BALASI	0.82	5.18	1.04	18.76	DA	11.07
SLANI POTOK	2.21	7.48	3.22	33.78	DA	38.50
MALA DUBRACINA	2.09	8.51	3.00	29.29	DA	28.08
KUCINA	3.29	10.07	1.52	24.75	DA	1.89
MALENICA	5.54	12.71	4.00	26.60	NE	0.00
DUBRACINA	17.94	56.75	13.69	32.74	NE	0.00
CJELOKUPNI SLIV DUBRACINA	43.55	42.80	40.23	32.44	DA	4.78

Prikaz pokrova tla u postotcima prema namjeni zemljišta na području sliva Dubračina prikazan je na slici 4. (DRAGIČEVIĆ, 2016).



Slika 4: Pokrov tla u slivu Dubračina i njegovim podslivovima (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Vrste tla, skupa sa pripadajućim postotkom koji određena vrsta tla zauzima na području sliva, odnosno podsliva, prikazane su u tablici 6. (DRAGIČEVIĆ, 2016):

Tablica 6: Vrste tla na području sliva Dubračina i njegovih podslivova (DRAGIČEVIĆ, 2016)

PODSLIVOVI	VRSTA TLA		
	STRME PADINE S AKTIVNIM SEDIMENTOM	KARBONATNE STIJENE	PALEOGENSKI VAPNENCI
DUBOKI	0.00%	45.50%	54.50%
BRONAC	0.00%	55.11%	44.89%
BARTOLOVAC	0.00%	56.09%	43.91%
LESKOVNIK	0.00%	70.69%	29.31%
SUSIK	0.00%	87.06%	12.94%
RICINA	14.20%	50.00%	35.81%
MUZINICI	9.22%	35.61%	55.17%
BALASI	1.50%	0.00%	98.50%
SLANI POTOK	12.33%	31.16%	56.51%
MALA DUBRACINA	12.92%	32.14%	54.94%
KUCINA	8.49%	55.10%	36.41%
MALENICA	8.34%	43.50%	48.16%
DUBRACINA	0.19%	45.77%	54.04%

Srednja godišnja temperatura zraka za razdoblje od 1961. godine do 2014 godine za područje sliva Dubračina prikazana je u tablici 7. (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Tablica 7: Srednje godišnje temperature za meteorološku stanicu Crikvenica (razdoblje od 1961 do 2014) (DRAGIČEVIĆ, 2016)

Srednje temperature T_0 [°C] / Vremenski period:	Godišnje
1961 - 1990	14.1
1991 - 2014	15.0
ΔT_0	+0.9

4. 2. Procjena intenziteta erozije

Procjena intenziteta erozije napravljena je prema ranije opisanoj metodologiji u poglavlju 3.1 i na temelju ulaznih podataka prikazanih u poglavlju 4.1.

Za potrebe izračuna koeficijenta intenziteta erozije (Z) potrebno je odrediti koeficijent erodibilnosti (Y). Ovaj koeficijent temelji se na podacima o vrsti tla na području sliva odnosno podslivova. U nastavku je dana tablica (tablica 8.) s definiranim koeficijentom erodibilnosti na temelju ranije prikazane tablice 2. u poglavlju 3.1. o vrstama tla na predmetnom području te tablice 6. u poglavlju 4. 1. U obzir za izračun koeficijenta erodibilnosti tla uzet je u obzir udio svakog pojedinog tipa tla i odgovarajućeg mu koeficijenta.

Također je potrebno odrediti koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom ($X \times a$). Ovaj koeficijent temelji se na podacima o pokrovu tla na području sliva odnosno podslivova. U nastavku je dana tablica (tablica 9.) s određenim koeficijentom zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom. Ovaj koeficijent se temelji na podacima o vegetacijskom pokrovu tla i za područje Dubračine određen je na temelju tablice 3. iz poglavlja 3. 1. te slike 4. iz poglavlja 4.1. Za izračun koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom uzeti su u obzir udjeli svake vrste pokrova tla koji su prikazani na slici 4. u poglavlju 4. 1. i odgovarajući im koeficijenti.

Za izračun koeficijenta intenziteta erozije (Z) potrebno je odrediti i koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije (φ) koji se temelji na podacima o stupnju razvijenosti erozijskih procesa u promatranom slivu. U nastavku je dana tablica (tablica 10.) s definiranim koeficijentom φ na temelju tablice 4. iz poglavlja 3. 1. o uvjetima koji utječu na vrijednost koeficijenta φ i tablice 5. iz poglavlja 4. 1.

Tablica 8: Koeficijent erodibilnosti tla (Y) za sliv Dubračine

PODSLIVOVI	VRSTA TLA	KOEFICIJENT ERODIBILNOSTI TLA Y	VRSTA TLA	KOEFICIJENT ERODIBILNOSTI TLA Y	VRSTA TLA	KOEFICIJENT ERODIBILNOSTI TLA Y	KONAČNI KOEFICIJENT ERODIBILNOSTI TLA Y
	STRME PADINE S AKTIVNIM SEDIMENTOM	-	KARBONATNE STIJENE	-	PALEOGENSKI VAPNENCI	-	
DUBOKI	0.00%	-	45.50%	0.25	54.50%	1.60	0.99
BRONAC	0.00%	-	55.11%	0.25	44.89%	1.60	0.86
BARTOLOVAC	0.00%	-	56.09%	0.25	43.91%	1.60	0.84
LESKOVNIK	0.00%	-	70.69%	0.25	29.31%	1.60	0.65
SUSIK	0.00%	-	87.06%	0.25	12.94%	1.60	0.42
RICINA	14.20%	1.00	50.00%	0.25	35.81%	1.60	0.84
MUZINICI	9.22%	1.00	35.61%	0.25	55.17%	1.60	1.06
BALASI	1.50%	1.00	0.00%	-	98.50%	1.60	1.59
SLANI POTOK	12.33%	1.00	31.16%	0.25	56.51%	1.60	1.11
MALA DUBRACINA	12.92%	1.00	32.14%	0.25	54.94%	1.60	1.09
KUCINA	8.49%	1.00	55.10%	0.25	36.41%	1.60	0.81
MALENICA	8.34%	1.00	43.50%	0.25	48.16%	1.60	0.96
DUBRACINA	0.19%	1.00	45.77%	0.25	54.04%	1.60	0.98

Tablica 9: Koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom ($X \times a$) za sliv Dubračine

PODSLIVOVI	KOEFICIJENT ZAŠTIĆENOSTI ZEMLJIŠTA VEGETACIJSKIM POKROVOM $X \times a$
DUBOKI	0.31
BRONAC	0.28
BARTOLOVAC	0.37
LESKOVNIK	0.37
SUSIK	0.22
RICINA	0.17
MUZINICI	0.14
BALASI	0.06
SLANI POTOK	0.25
MALA DUBRACINA	0.21
KUCINA	0.30
MALENICA	0.44
DUBRACINA	0.28

Tablica 10: Koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije (ϕ) za sliv Dubračine

PODSLIVOVI	KOEFICIJENT VIDLJIVIH I JASNO IZRAŽENIH PROCESA EROZIJE ϕ
DUBOKI	0.1
BRONAC	0.1
BARTOLOVAC	0.1
LESKOVNIK	0.1
SUSIK	0.1
RICINA	0.1
MUZINICI	0.1
BALASI	0.3
SLANI POTOK	0.7
MALA DUBRACINA	0.5
KUCINA	0.2
MALENICA	0.1
DUBRACINA	0.1

4. 2. 1. Duboki

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,99 \times 0,31 \times (0,1 + \sqrt{0,4485}) = 0,23$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Duboki pripada u IV kategoriju razornosti – slaba površinska erozija.

4. 2. 2. Bronac

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,86 \times 0,28 \times (0,1 + \sqrt{0,4133}) = 0,18$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Bronac pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija

4. 2. 3. Bartolovac

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,84 \times 0,37 \times (0,1 + \sqrt{0,4231}) = 0,23$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Bartolovac pripada u IV kategoriju razornosti – slaba površinska erozija

4. 2. 4. Leskovnik

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,65 \times 0,37 \times (0,1 + \sqrt{0,4470}) = 0,18$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Leskovnik pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija

4. 2. 5. Sušik

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,42 \times 0,22 \times (0,1 + \sqrt{0,4047}) = 0,07$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Susik pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija.

4. 2. 6. Ricina Tribaljska

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,84 \times 0,17 \times (0,1 + \sqrt{0,3483}) = 0,1$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Ricina pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija.

4. 2. 7. Mužinići

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 1,06 \times 0,14 \times (0,1 + \sqrt{0,2959}) = 0,1$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Muzinci pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija.

4. 2. 8. Balasi

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 1,59 \times 0,06 \times (0,3 + \sqrt{0,1876}) = 0,07$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Balasi pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija.

4. 2. 9. Slani potok

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 1,11 \times 0,25 \times (0,7 + \sqrt{0,3378}) = 0,35$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Slani potok pripada u IV kategoriju razornosti – slaba dubinska erozija.

4. 2. 10. Mala Dubračina

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 1,09 \times 0,21 \times (0,5 + \sqrt{0,2929}) = 0,23$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Mala Dubračina pripada u IV kategoriju razornosti – slaba površinska erozija.

4. 2. 11. Kučina

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,81 \times 0,30 \times (0,2 + \sqrt{0,2475}) = 0,17$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Kucina pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija.

4. 2. 12. Malenica

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,96 \times 0,44 \times (0,1 + \sqrt{0,2660}) = 0,26$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. podsliv Malenica pripada u IV kategoriju razornosti – slaba mješovita erozija.

4. 2. 13. Rijeka Dubračina (bez podslivova)

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{J_{sr}}) = 0,98 \times 0,28 \times (0,1 + \sqrt{0,3274}) = 0,18$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. sliv Dubračina pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija.

4. 2. 14. Cijeli sliv

$$Z_{UKUPNO} = \sum \text{Postotak površine} \times Z = 0,19$$

Prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. cijeli sliv Dubračina pripada u V kategoriju razornosti – vrlo slaba erozija.

Iz dobivenih rezultata zaključujemo da je podsliv Slani potok najpodložniji eroziji. On ima najveći koeficijent intenziteta erozije (Z) koji iznosi 0,35 i svrstava se u IV kategoriju razornosti prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. koju obilježava slaba erozija s dubinskim tipom vladajuće erozije. S druge strane, podslivovi Susik, Ričina, Mužinići i Balasi najmanje su podložni eroziji. Kod njih se vrijednost koeficijenta intenziteta

erozije (Z) kreće u granicama od 0,07 do 0,1 što ih svrstava u V kategoriju razornosti prema tablici 1. iz poglavlja 3.1. gdje je jačina erozijskih procesa vrlo slaba.

4. 3. Klasifikacija bujica

Klasifikacija bujica napravljena je prema ranije opisanoj metodologiji u poglavlju 3.4. i na temelju ulaznih podataka prikazanih u poglavlju 4.1.

Za određivanje klase bujičnog toka potrebno je odrediti temperaturni koeficijent područja koji nam služi za izračun klimatsko topografskog koeficijenta sliva (K). On ovisi o srednjoj godišnjoj temperaturi na području sliva koja je prikazana u tablici 7. u poglavlju 4.1. i iznosi 15 °C. Temperaturni koeficijent područja računa se putem izraza:

$$T = \sqrt{\frac{t_0}{10,0} + 0,1} = \sqrt{\frac{15,0}{10,0} + 0,1} = 1,26$$

Dobivena vrijednost temperaturnog koeficijenta iznosi 1,26 i isti vrijedi za cijeli sliv i sve njegove podslove.

Množenjem temperaturnog koeficijenta sa srednjim padom sliva ($\sqrt{J_s}$), čija je vrijednost prikazana u tablici 5. u poglavlju 4.1., dobiva se vrijednost klimatsko topografskog koeficijenta sliva (K).

Za klasifikaciju bujica potreban nam je i koeficijent oblika bujičnog sliva koji ovisi o opsegu sliva i duljini sliva po matici glavnog vodotoka. Vrijednosti tih parametara prikazane su u tablici 5. u poglavlju 4.1.

4. 3. 1. Duboki

$$A = \frac{0}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{0}{L} = 0,195 \times \frac{3,66}{0,96} = 0,74$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,4485} = 0,85$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 0,67 \times 0,74 \times 0,85 \times \frac{0,96 + 1}{0,96 + 1} = 0,42$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Duboki pripada klasi D te njegova formula glasi: D – IV - 023

4. 3. 2. Bronac

$$A = \frac{0}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{0}{L} = 0,195 \times \frac{4,56}{1,62} = 0,55$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,4133} = 0,81$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 0,99 \times 0,55 \times 0,81 \times \frac{1,62 + 1}{1,62 + 1} = 0,44$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Bronac pripada klasi D te njegova formula glasi: D - V - 018

4. 3. 3. Bartolovac

$$A = \frac{0}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{0}{L} = 0,195 \times \frac{6,40}{3,03} = 0,41$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,4231} = 0,82$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 1,49 \times 0,41 \times 0,82 \times \frac{3,03 + 1}{3,03 + 1} = 0,50$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Bartolovac pripada klasi D te njegova formula glasi: D - IV - 023

4. 3. 4. Leskovnik

$$A = \frac{0}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{0}{L} = 0,195 \times \frac{6,22}{0,87} = 1,39$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,4470} = 0,84$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 1,62 \times 1,39 \times 0,84 \times \frac{0,87 + 1}{0,87 + 1} = 1,89$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Leskovnik pripada klasi C te njegova formula glasi: C - V - 018

4. 3. 5. Sušik

$$A = \frac{0}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{0}{L} = 0,195 \times \frac{6,17}{0,78} = 1,54$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,4047} = 0,80$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 1,93 \times 1,54 \times 0,80 \times \frac{0,78 + 1}{0,78 + 1} = 2,38$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Susik pripada klasi C te njegova formula glasi: C - V - 007

4. 3. 6. Ričina

$$A = \frac{0}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{0}{L} = 0,195 \times \frac{8,32}{1,71} = 0,95$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,3483} = 0,74$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 2,74 \times 0,95 \times 0,74 \times \frac{1,71 + 1}{1,71 + 1} = 1,93$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Ricina pripada klasi C te njegova formula glasi: C - V - 01

4. 3. 7. Mužinići

$$A = \frac{0}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{0}{L} = 0,195 \times \frac{8,14}{2,32} = 0,68$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,2959} = 0,69$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 2,23 \times 0,68 \times 0,69 \times \frac{2,32 + 1}{2,32 + 1} = 1,05$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Muzinci pripada klasi C te njegova formula glasi: C - V - 01

4. 3. 8. Balasi

$$A = \frac{O}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{O}{L} = 0,195 \times \frac{5,18}{1,04} = 0,97$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,1876} = 0,55$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 0,82 \times 0,97 \times 0,55 \times \frac{1,04 + 1}{1,04 + 1} = 0,44$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Balasi pripada klasi D te njegova formula glasi: D - V - 007

4. 3. 9. Slani potok

$$A = \frac{O}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{O}{L} = 0,195 \times \frac{7,48}{3,22} = 0,45$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,3378} = 0,73$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 2,21 \times 0,45 \times 0,73 \times \frac{3,22 + 1}{3,22 + 1} = 0,73$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Slani potok pripada klasi D te njegova formula glasi: D - IV - 035

4. 3. 10. Mala Dubračina

$$A = \frac{O}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{O}{L} = 0,195 \times \frac{8,51}{3,00} = 0,55$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,2929} = 0,68$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 2,09 \times 0,55 \times 0,68 \times \frac{3,00 + 1}{3,00 + 1} = 0,78$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv mala Dubračina pripada klasi D te njegova formula glasi: D - IV - 023

4. 3. 11. Kučina

$$A = \frac{O}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{O}{L} = 0,195 \times \frac{10,07}{1,52} = 1,29$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,2475} = 0,63$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 3,29 \times 1,29 \times 0,63 \times \frac{1,52 + 1}{1,52 + 1} = 2,67$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Kucina pripada klasi C te njegova formula glasi: C - V - 017

4. 3. 12. Malenica

$$A = \frac{O}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{O}{L} = 0,195 \times \frac{12,71}{4,00} = 0,62$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,2660} = 0,65$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 5,54 \times 0,62 \times 0,65 \times \frac{4,00 + 1}{4,00 + 1} = 2,23$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Malenica pripada klasi C te njegova formula glasi: C - IV - 026

4. 3. 13. Cijeli sliv

$$A = \frac{O}{L \times (\pi + 2)} = 0,195 \times \frac{O}{L} = 0,195 \times \frac{42,80}{13,69} = 0,61$$

$$K = T \times \sqrt{J_s} = 1,26 \times \sqrt{0,3244} = 0,72$$

$$H_k = F \times A \times K \times \frac{L_1 + 1}{L + 1} = 43,55 \times 0,61 \times 0,72 \times \frac{24,08 + 1}{13,69 + 1} = 32,66$$

Sukladno dobivenoj vrijednosti indeksa hidrografske klase toka, bujični sliv Dubračina pripada klasi A te njegova formula glasi: A - V - 019

Na temelju dobivenih vrijednosti indeksa hidrografske klase toka (H_k) podslivovi Duboki, Bronac, Bartolovac, Balasi, Slani potok i Mala Dubračina svrstavaju se u klasu

D bujičnih tokova - suhe doline i mali bujični tokovi. Podslivovi Leskovnik, Susik, Ricina, Muzinici, Kucina i Malenica svrstavaju se u klasu C - bujični tokovi, dok se cijeli sliv Dubračina svrstava u klasu A - bujične rijeke gdje je vrijednost indeksa hidrografske klase toka (H_k) veća od dvadeset.

5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu dan je pregled Gavrilovićeve metode koja se dugi niz godina primjenjuje za rješavanje problema vezanih uz eroziju i bujice. Ona se koristi za procjenu intenziteta erozije, procjenu produkcije sedimentnog nanosa, procjenu transportiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom i klasifikaciju bujica. S vremenom je metoda doživjela brojne modifikacije koje se i danas koriste.

Na slivu Dubračina, u Vinodolskoj udolini, Gavrilovićeva metoda primijenjena je za procjenu intenziteta erozije i klasifikaciju bujica. Iz dobivenih rezultata zaključujemo da većina ukupne površine sliva nema izražene procese erozije, ali su oni vidljivi u nekim podslivovima poput podsliva Slani potok koji je najpodložniji eroziji. Za cijeli sliv i sve podslivove napravljena je i klasifikacija bujičnog toka prema kojoj svi podslivovi pripadaju klasama C i D koje prikazuju bujične tokove srednje jačine. S druge strane, cjelokupan sliv pripada klasi A koja je ujedno i najjača klasa bujičnog toka prema Gavriloviću.

6. LITERATURA

ANTROPOGENA EROZIJA TLA [Knjiga] / aut. KISIĆ PROF. DR. SC. IVICA. - ZAGREB : AGRONOMSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU, 2016.

INŽENJERING O BUJIČNIM TOKOVIMA I EROZIJI [Knjiga] / aut. GAVRILOVIĆ SLOBODAN. - BEOGRAD : ČASOPIS "IZGRADNJA", 1972.

MODEL ZA PROCJENU INTENZITETA I PRODUKCIJE EROZIJSKOG NANOSA MODIFIKACIJOM METODE POTENCIJALA EROZIJE / aut. DRAGIČEVIĆ NEVENA. - Rijeka : SVEUČILIŠTE U RIJECI GRAĐEVINSKI FAKULTET, 2016.

PREGLED PRIMJENE GAVRILOVIĆEVE METODE (METODA POTENCIJALA EROZIJE) [Časopis] / aut. NEVENA DRAGIČEVIĆ, BARBARA KARLEUŠA, NEVENKA OŽANIĆ. - RIJEKA : GRAĐEVINAR, 2016. - Svez. 9/2016.

TORRENT CLASSIFICATION - BASE OF RATIONAL MANAGEMENT OF EROSIVE REGIONS [Konferencija] / aut. ZORAN GAVRILOVIC, MILUTIN STEFANOVIC, IRINA MILOVANOVIC, JELENA COTRIC, MILETA MILOJEVIC // EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE 4. - BEOGRAD : INSTITUTE FOR THE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES "JAROSLAV CERNI", 2008. - Svez. I.