

## **ANALIZA PROMENA POTENCIJALA EROZIJE I PREDUZETE PROTIVEROZIVNE MERE U SLIVU REKE LEPENICE ZA PERIOD 1983-2021. GODINE**

**Irena Blagajac, Marija Đurić<sup>1</sup>**

**Apstrakt:** Predmet istraživanja je analiza promena potencijala erozije i preduzete protiverozivne mere u slivu reke Lepenice. Zadatak istraživanja analizirati faktore nastanka i intenziteta erozije u Slivu. Cilj rada je utvrditi promenu potencijala erozije nastale kao posledica prirodnih faktora, kao i preduzete protiverozivne mere u slivu reke Lepenice za period 1983-2021. godine. U slivu reke Lepenice prirodni faktori koji doprinose pojavi erozije su karakteristike reljefa, sadržaj peska u zemljištu i pluviometrijski režim. U radu su kartama prikazane namene zemljišta, sadržaj peska u zemljištu, nagib terena i NDVI karta. Karta namene zemljišta i NDVI karta su korišćene za potrebe analize zastupljenosti vegetacije. Najveći intenzitet erozije je u severo-zapadnom delu Sliva, slaba erozija je zastupljena na Gledičkim planinama zbog zastupljenosti vegetacije, a veoma slaba je uz tok Lepenice i pritoka. Upoređivanjem karte erozije iz 1983. godine i karte po metodu Gavrilovića koje su prikazane u radu sagledano je smanjenje intenziteta erozije u Slivu. Protiverozivne mere koje su uticale na smanjenje intenziteta erozije su reforestacija, regulisanje toka reke Lepenice i građenje obaloutvrda. Na smanjenje erozije je uticala i emigracija stanovnika u gradsko jezgro Kragujevca, jer su poljoprivredne površine obrasle šumskom vegetacijom u ruralnim područjima. Analizom navedenih karata zaključak rada je da je intenzitet erozije smanjen u periodu od 1983-2021. godine zbog adekvatnih protiverozivnih mera.

**Ključne reči:** sliv Lepenice, intenzitet erozije, reforestacija, protiverozivne mere

## **ANALYSIS OF POTENTIAL EROSIONS AND ANTI-EROSIVE MEASURES, UNDERTAKEN IN THE LEPENICA RIVER BASIN BETWEEN 1983-2021**

**Abstract:** The subject of the research is the analysis of changes in erosion potential and anti-erosion measures taken in the Lepenica river basin. The task of the research is to analyze the factors of occurrence and intensity of erosion in the Basin. The goal of this paper is to show

---

<sup>1</sup> studenti, Univerzitet u Beogradu- Geografski fakultet, Beograd, e-mail: irena.b98@gmail.com

the change in potential erosions caused by natural factors, as well as measures undertaken to lessen the damages in the Lepenica river basin for period 1983-2021. The natural factors which contribute to erosion in the Lepenica basin are land characteristics, sand content in the land and pluviometrical order. The maps show the land use, sand content in the land, terrain slope and NDVI map. The land use map and NDVI map are used for vegetation representation analysis. The greatest intensity of erosion is in the North-West part of the basin, faint erosion is found at Gledicke mountains because of present vegetation, while very weak erosion is present in the course of Lepenica. Comparing the 1983 map of erosion with the Gavrilovic method map, shown in the paper, we may perceive the lessening intensity of erosion in the Lepenica basin. Anti-erosive measures which affected the lessening of erosion intensity are reforestation, regulation of the Lepenica river course and building coastal fortification. Emigration to center of Kragujevac affected caused the lessening of erosion as well, because forest vegetation took over the agricultural terrain. Analyzing the above-mentioned maps, we may conclude that the intensity of erosion was lessened between 1983-2021 due to adequate anti-erosive measures.

**Key words:** Lepenica basin, erosion intensity, reforestation, anti-erosive measures

## **UVOD**

Sliv reke Lepenice se prostire na 641,04 km<sup>2</sup> i nalazi se na teritoriji opština Kragujevac, Batočina i Lapovo, u istočnom delu centralne Šumadije. Reka Lepenica izvire na Gledičkim planinama, a uliva se u Veliku Moravu kod Lapova. Najveće pritoke su Grošnica, Ždraljica i Uglješnica (ЛЕАП града Крагујевца, 2010).

## **METODE RADA**

Metode rada koje su korišćene su metod analize, komparacije i statistički metod. Metodom analize doneseni su zaključci o procesima i pojavama koje se dešavaju u slivu reke Lepenice, metod komparacije korišćen je za upoređivanje istraženih podataka, dok su tabelarni podaci obrađeni statističkim metodom. Za izradu karte nagiba terena korišćen je SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) DEM (Digitalni model visina) čije je snimanje izvršeno 2000. godine. Za teritoriju Republike Srbije rezolucija DEM-a je svedena na 100 m. Za prikazivanje procentualne vrednosti peska na teritoriji Sliva korišćeni su podaci sa Open soil grids (odnose se na dubinu zemljišta do 5 cm i rezolucija im iznosi 250 m). Izvor podataka za kartu namene zemljišta u slivu reke Lepenice je Corine Land Cover 2018. Za izradu NDVI karte, korišćeni su multispektralni satelitski snimci LANDSAT 8 satelita. NDVI je izračunat prema formuli koja obuhvata bliski infracrveni spektralni kanal i crveni spektralni kanal (Milanović, Lješević, 2009). Za prikaz karte intenziteta erozije iz 1983. godine korišćena je karta erozije SR Srbije 1:500.000, a za izradu karte geologije korišćene su geološke karte Paraćina, Kragujevca, Kraljeva i Lapova, iz 1982. godine, razmera 1:100.000. Za potrebe karte intenziteta erozije po metodu Gavrilovića korišćena je formula za izračunavanje koeficijenta intenziteta erozije. Formula obuhvata koeficijent otpora podloge od erozije, koeficijent zaštićenosti podloge od atmosferalija i erozije, koeficijent vida erozije i nagib terena u decimalnom procentu. Program korišćen za obradu podataka je QGIS 3.8.

## **Fizičko-geografske karakteristike**

Najviša tačka je Dulenski Crni vrh na 897 m nadmorske visine, a najniža je kod ušća Lepenice na 99 m nadmorske visine. Srednja nadmorska visina sliva je 285 m. Klima je umereno kontinentalna sa kontinentalnim pluviometrijskim režimom (Милановић, 2007). Prosečna godišnja količina padavina u slivu je 707 mm, a najveća prosečna mesečna količina padavina u Kragujevcu je u junu 82 l/m<sup>2</sup>, a najmanja u februaru 31,9 l/m<sup>2</sup> (ЛЕАП града Крагујевца, 2010).

## Nagib terena kao faktor intenziteta erozije

Na karti broj 1 prikazani su nagibi terena u slivu reke Lepenice, najizraženiji su nagibi od 0-5° (51,7%) koji se nalaze u aluvijalnim ravnicama Lepenice i pritoka, zastupljeni su i nagibi od 5-10° (34,6%), nagibi od 10-15° su na 10,2%, nagibi 15-20° zauzimaju 2,81%, dok su manje izraženi nagibi veći od 20° (0,7%). Prema geomorfološkoj klasifikaciji, nagibi do 5° su blago nagnuti tereni, nagibi od 5-12° su nagnuti, a od 12-32° su jako nagnuti (Јовановић, 2017). U slivu reke Lepenice nagib terena nije dominantan faktor nastanka erozije jer je na području gde je izražen najveći nagib terena zastupljena manja erozija, a to je posledica pošumljenosti Gledičkih planina. U severo-zapadnom delu Sliva nagibi terena su od 5-20°, ali je erozija jaka zbog nedostatka vegetacije.

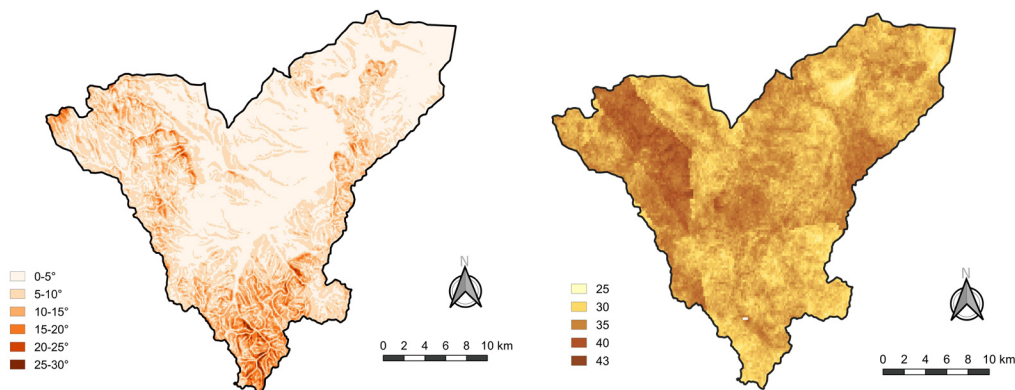
Tabela 1: Nagib terena, površina i udeo na teritoriji sliva reke Lepenice

Tabela 2: Namena prostora na teritoriji sliva reke Lepenice

Nagibi terena (°)	Površina (km <sup>2</sup> )	Udeo (%)	Šifra	CLC klase	Površina (km <sup>2</sup> )	Udeo (%)
0-5	331,07	51,63	112	Veća naselja	39,12	6,10
5-10	222,03	34,62	211, 234 i 242	Poljoprivredne površine	430,61	67,15
10-15	65,63	10,23	231 i 321	Livade i pašnjaci	4,15	0,65
15-20	18,06	2,82	311, 313 i 324	Listopadna i mešovita vegetacija	157,73	24,60
20-25	3,80	0,59	511	Ostalo	9,65	1,50
25-30	0,68	0,11	Ukupno		641,26	100
Ukupno	641,26	100				

## Zastupljenost peska kao faktor intenziteta erozije

Karta broj 2 prikazuje sadržaj peska u zemljištu izražen u % koji je u opsegu od 25-43%. U severo-istočnom delu sliva je najmanji procenat peska koncentracije 25% i 30%, a u manjim količinama koncentracije su veće od 35%. Južni i jugo-istočni deo sliva, takođe karakterišu manje koncentracije peska, od 25-35%. U zapadnom i severo-zapadnom delu sliva reke Lepenice su najveće koncentracije peska koje iznose i do 43%, takođe, veća koncentracija peska je i u istočnom obodu Sliva. Zastupljenost peska je važan faktor koji utiče na intenzitet erozije jer je na područjima gde je veća koncentracija peska erozija srednjeg intenziteta.



Karta 1: Nagib terena u slivu reke Lepenice

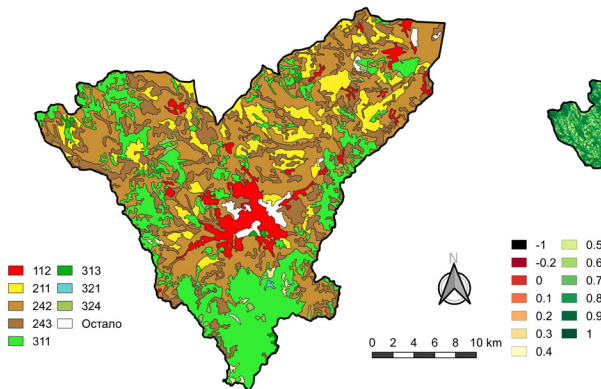
Karta 2: Sadržaj peska u zemljištu izražen u %

## Zastupljenost vegetacije kao faktor intenziteta erozije

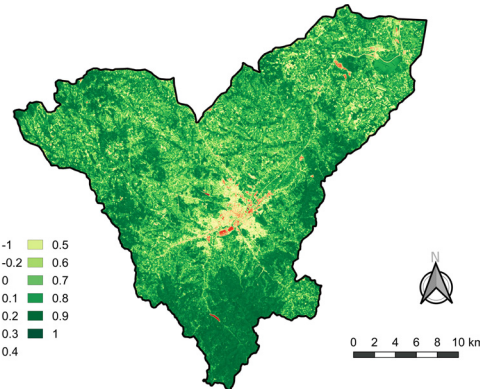
Na karti broj 3 prikazana je namena zemljišta u slivu reke Lepenice. Zastupljenost šumske vegetacije je 24,6%, livade i pašnjaci zauzimaju 0,65%, dok su najizraženije poljoprivredne površine 67,2%. U severnom i istočnom delu Sliva najveću površinu zauzimaju poljoprivredne površine, livade i pašnjaci, a to je razlog pojave srednjeg intenziteta erozije. U centralnom delu sliva reke Lepenice nalazi se grad Kragujevac i erozija je slabog i vrlo slabog intenziteta. Na Gledičkim planinama gde preovladava šumska vegetacija erozija je slabog intenziteta. Nezaštupljenost vegetacije predstavlja dominantan faktor nastanka erozije jačeg intenziteta u slivu reke Lepenice.

Na karti broj 4 prikazan je NDVI Sliva. Na Gledičkim planinama vegetacija je zastupljenija i zdravija i predstavljena je tamnijom zelenom bojom, a severni, istočni i zapadni deo Sliva su označeni svetlijom nijansom zelene boje što ukazuje da je vegetacija manje dominantna i lošijeg kvaliteta. Grad Kragujevac kartiran je narandžastom bojom.

Komparacijom karte namene zemljišta i NDVI karte zaključeno je da se namena zemljišta podudara sa rasporedom vegetacije u slivu reke Lepenice.



Karta 3: Namena zemljišta u slivu reke Lepenice



Karta 4: NDVI karta sliva reke Lepenice

## Izračunavanje koeficijenta erozije po metodu Gavrilovića

Za izračunavanje koeficijenta erozije u slivu reke Lepenice korišćena je formula (Gavrilović, 1972):

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

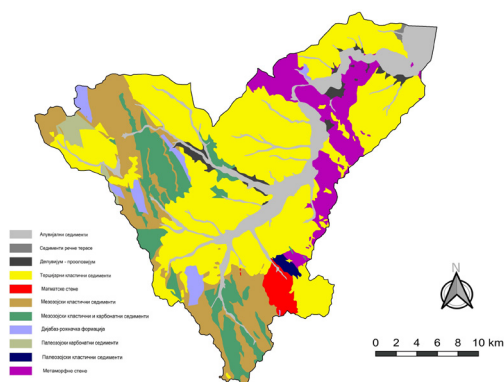
Gde je:

Koeficijent otpora podloge (Y) od erozije dobijen je analizom geološke karate (karta broj 5) za teritoriju Sliva u razmeri 1:100.000.

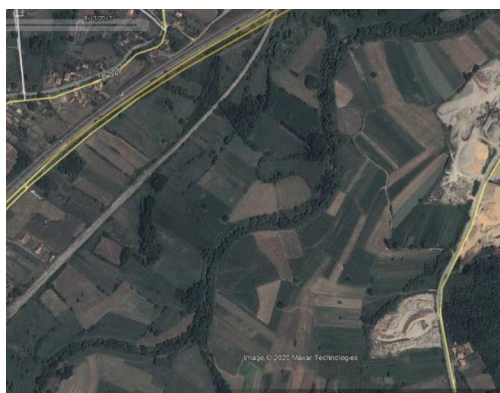
Koeficijent zaštićenosti podloge od atmosferalija i erozije (X) dobijen je na osnovu Karte namene zemljišta (Corine Land Cover).

Koeficijent vida erozije ( $\varphi$ ) dobijen je na osnovu formule:  $\varphi = BSI + 0,8$ ; gde je BSI- indeks ogolicećenosti tla. Za dobijanje BSI, korišćeni su multispektralni satelitski snimci LANDSAT 8 satelita.

Nagib terena (I) dobijen je na osnovu DEM-a rezolucije 100 m.



Karta 5: Geološka karta



Slika 1: Snimak dela obale reke Lepenice iz 2013. godine  
Izvor: Google Earth

### Uporedna analiza karte intenziteta erozije iz 1983. godine i karte intenziteta erozije po metodu Gavrilovića

Karta broj 6 prikazuje intenzitet erozije iz 1983. godine, koja je digitalizovana na osnovu karte erozije SR Srbije (1:500.000) iz 1983. godine. Jaka erozija je zauzimala 185,86 km<sup>2</sup> (28,99% ukupne površine Sliva), srednja erozija je bila površine 202,42 km<sup>2</sup> (31,56%), slaba erozija zauzimala je 130,84 km<sup>2</sup> (20,4%), dok je vrlo slaba erozija bila na 52,23 km<sup>2</sup> (7,68%). Na karti je prikazana i akumulacija nanosa površine 72,91 km<sup>2</sup> (11,37%). Navedeni podaci su prikazani u tabeli broj 3.

Na karti broj 7 predstavljen je intenzitet erozije po metodu Gavrilovića. Ekscesivna erozija je zauzimala 0,2 km<sup>2</sup> (0,03%), jaka erozija je bila na 3,36 km<sup>2</sup> (0,52%), srednja erozija je zauzimala 271,98 km<sup>2</sup> (42,41%), slaba erozija je bila na 245,87 km<sup>2</sup> (38,34%), a vrlo slaba erozija se rasprostirala na 119,85 km<sup>2</sup> (18,69%). Navedeni podaci su prikazani u tabeli broj 3.

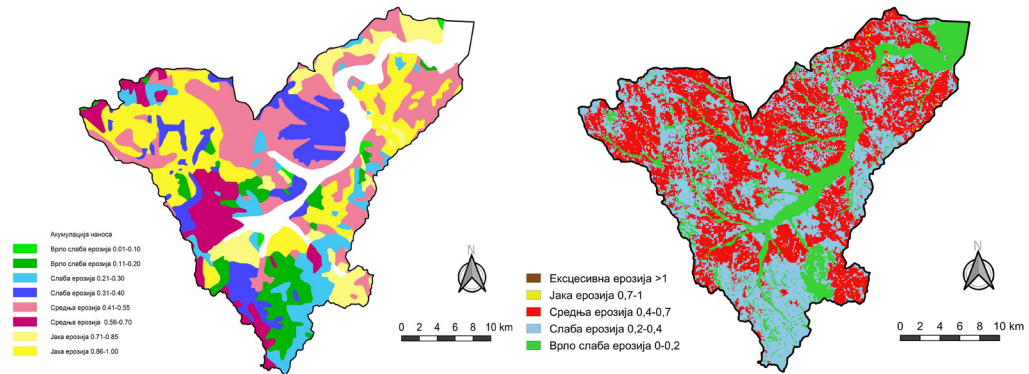
Tabela 3: Uporedna analiza jačine erozivnih procesa 1983. godine i po metodu Gavrilovića

1983. godina	Jačina erozivnih procesa			Metod Gavrilovića	Jačina erozivnih procesa		Z	Površina (km <sup>2</sup> )		Udeo (%)
	Površina (km <sup>2</sup> )	Udeo (%)	Udeo (%)		Površina (km <sup>2</sup> )	Udeo (%)				
	Jaka erozija 0,71-1	185,86	28,99	Ekscesivna erozija	>1	0,2	0,03			
	Srednja erozija 0.41-0.70	202,42	31,56	Jaka erozija	0,7-1	3,36	0,52			
	Slaba erozija 0.21-0.40	130,84	20,4	Srednja erozija	0,4-0,7	271,98	42,42			
	Vrlo slaba erozija 0.01-0.20	52,23	7,68	Slaba erozija	0,2-0,4	245,87	38,34			
	Akumulacija nanosa	72,91	11,37	Vrlo slaba erozija	0-0,2	119,85	18,69			
	Ukupno	641,26	100	Ukupno		641,26	100			

Na karti iz 1983. godine, najviše je bila zastupljena jaka erozija sa većim koeficijentom od 0,86-1, a na karti po metodu Gavrilovića najizraženija je srednja erozija. Jaka erozija prema karti iz 1983. godine je bila u zapadnom i severo-istočnom delu, a na karti po metodu Gavrilovića, tu je najzastupljenija srednja erozija. Na teritoriji sliva reke Lepenice, prema karti iz 1983. godine ekscesivna erozija nije bila zastupljena, dok je na karti po metodu Gavrilovića ekscesivna erozija predstavljena sa dva kamenoloma koji imaju udeo 0,03% u ukupnoj površini Sliva. U južnom delu Sliva na karti iz 1983. godine je bila zastupljenija vrlo slaba erozija, dok je na karti po metodu Gavrilovića na tom prostoru više zastupljena slaba erozija, zaključak je da se na tom delu erozija povećala.

## Analiza promena potencijala erozije i preduzete protiverozivne mere u slivu reke Lepenice za period 1983-2021. godine

Prema karti erozije iz 1983. godine, srednji koeficijent erozije je iznosio 0,57 i spadao je u kategoriju srednje erozije, dok je po formuli prema metodu Gavrilovića srednji koeficijent erozije (Z) za sliv reke Lepenice 0,35 i spada u IV kategoriju erozije (slaba erozija).



Karta 6: Intenzitet erozije iz 1983. godine

Karta 4: NDVI karta sliva reke Lepenice

### Protiverozivne mere

Erozija je imala negativan uticaj na poljoprivrednu proizvodnju, stanovništvo i životnu sredinu, a kako bi se smanjio uticaj erozije preduzete su protiverozivne mere (Група аутора, 2004). Zaštita od erozije obuhvata primenu bioloških protiverozivnih mera (pošumljavanje, zatravljivanje, terasasto podizanje voćnjaka, oranje po izohipsama) i tehničke protiverozivne radove (izgradnja objekata radi smanjenja padova, brzine vode i zaustavljanja nanosa i administrativne zabrane) (Милановић, 2007). Reforestacija je dominantna mera za zaštitu od erozije. Pre 1946. godine na teritoriji Grošničkog jezera bio je zastupljen problem deforestacije koji je uzrokovao jaku eroziju, nakon toga izvršeno je pošumljavanje 43 ha bujičnog područja sa obe strane jezera. Analizom karte intenziteta erozije iz 1983. godine zaključeno je da je erozija promenila intenzitet u vrlo slab. Zasađeno je i 2000 sadnica duž korita reke Lepenice da bi se sprečila erozija obala. Karta iz 1983. godine prikazuje da je na toj teritoriji bila akumulacija nanosa, dok je na karti po metodu Gavrilovića bila zastupljena veoma slaba erozija. Može se zaključiti da je pošumljavanje pozitivno uticalo na smanjenje erozije. Betonske i zidane brane su podignute na bujičnim potocima u Slivu (Милановић, 2007). Protiverozivne mere koje su preduzete su i građene obaloutvrda i pošumljavanje duž obale reke Lepenice sa ciljem smanjenja erozije obala.

Tabela broj 4: Uporedni pregled broja stanovnika za 1948, 1981. i 2011. godine

Godina popisa	Opština Kragujevac	Seosko naselje	Gradsko naselje
1948.	85.468	46.144	39.324
1981.	164.823	35.806	129.017
2011.	150.835	28.582	122.253

Prema podacima iz Uporednog pregleda broja stanovnika za period 1948-2011. godine primećan je pad broja stanovnika u selima dok je u gradu Kragujevcu rast stanovnika. Prema popisu iz 1948. godine broj stanovnika u opštini Kragujevac iznosio je 85.468 stanovnika, u gradskom naselju je živelo 39.324, a u seoskim naseljima je bio veći broj stanovnika, 46.144. Podaci iz 1981. godine pokazuju da je u seoskim naseljima broj stanovnika iznosio 35.806, a u gradu je broj stanovnika bio drastično veći, 129.017 stanovnika. Ovaj trend se nastavlja, po popisu iz 2011. godine zabeležen je broj stanovnika 150.835, dok je u seoskim naseljima bilo 28.582 (Uporedni pregled broja stanovnika za period 1948-2011). Očekuje se da će sledeći popis sta-

novništva zabeležiti još veći disbalans između gradskog i seoskog stanovništva, odnosno da će gradsko stanovništvo rasti, a seosko se smanjivati. Može se zaključiti da pad seoskog stanovništva uzrokuje i manje zastupljene poljoprivredne površine, koje obrastaju vegetacijom usled sve manjeg korišćenja. Preseljenje ljudi u gradsko područje ima pozitivan uticaj na smanjenje erozivnih procesa jer ne vrše uticaj na zemljište i vodu u seoskim područjima.

## **ZAKLJUČAK**

Dominantan faktor nastanka jačeg intenziteta erozije u slivu reke Lepenice je nedostatak šumske vegetacije u severnom delu Sliva, dok je na južnom obodu i pored izraženih nagiba terena erozija slabog intenziteta, a to je razlog pošumljenosti Gledičkih planina.

Prema Karti intenziteta erozije iz 1983. godine najizraženija je bila jaka erozija, a sada je najveći deo sliva reke Lepenice pod srednjom erozijom.

Zastupljena je migracija stanovnika iz sela u grad što doprinosi smanjenju intenziteta erozije zbog obrastanja zapuštenih poljoprivrednih površina.

Skupština opštine Kragujevca je donela Odluku o proglašenju erozivnog područja i propisivanju protiverozivnih mera 10.2.1983. godine (Арежина, 1987). Preduzete protiverozivne mere su do 2021. godine dale pozitivne rezultate jer je erozija u slivu reke Lepenice smanjenog intenziteta. Izgradnja obaloutvrda i sadnja drvoreda duž korita reke Lepenice doprinele su minimizaciji erozije obala.

Predlog mere u budućnosti je pošumljavanje degradiranih površina na teritoriji sliva reke Lepenice i revitalizacija teritorija koje su korišćene za eksploataciju mineralnih sirovina. Neophodno je povećati kontrolu nelegalne seče šuma, primenu kaznenih odredbi i razvijati ekološku svest stanovništva.

## **LITERATURA**

Арежина, Ј. (1987): Проблеми планирања и коришћења растора на подручју општине Крагујевац (дипломски рад у рукопису).

Гавриловић, С. (1972): Инженјеринг о бујићним токoвима и ерозији. Београд: Изградња (Посебно издање)

Група аутора (2004): Процена стања животне средине у општини Крагујевац (радни материјал).

Јовановић, Ј. (2017): Тематска картографија – практикум. Универзитет у Београду – Географски факултет. Београд.

Карта ерозије СР Србије 1:500.000 – Тумач. Институт за шумарство и дрвну индустрију – Одељење за ерозију и мелиорацију. Београд, 1983. године.

Локални еколошки акциони план града Крагујеваца за период 2010 - 2014. године. Крагујевац. 2010. године.

Милановић, А. (2007): Хидрографска студија реке Лепенице. Посебна издања – Књига 20. Географски институт „Јован Цвијић“–Српска академија наука и уметности. Београд.

Милановић, М., Љешевић, М. (2009): Телетекционе методе истраживања животне средине. Универзитет у Београду - Географски факултет. Београд.

Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији. Упоредни преглед броја становника 1948,1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002. и 2011. Републички завод за статистику Републике Србије. Београд, 2014. године.

Internet stranice:

Google Earth: <https://earth.google.com/web/>, preuzeto: 22.12.2020.