

ANALIZA UGROŽENOSTI GRADA SMEDEREVA BUJIČNIM POPLAVAMA

Milan Mladenović¹, Nemanja Josifov¹, msr Uroš Durlević²

¹student osnovnih studija, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: www.milanmladenovic@gmail.com;

necajosifov98@gmail.com

²doktorand, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: durlevicuros@gmail.com

Apstrakt: *Bujične poplave u Republici Srbiji predstavljaju veoma učestalu prirodnu nepogodu, koja neretko odnosi ljudske živote i nanosi veliku materijalnu štetu. Prostor istraživanja je teritorija Grada Smedereva, površine 484 km². Obradom prirodnih uslova u geografskim informacionim sistemima (GIS) i primenom Flash Flood Potential Index (FFPI) interpretirani su rezultati na osnovu analiziranih otvorenih podataka. Analizom nagiba terena, tipova stena, namene zemljišta i stepena ogoličenosti podloge urađena je sintezna karta ugroženosti Grada Smedereva bujicama. Na osnovu ugroženosti terena, klase ugroženosti podeljene su u sledeće kategorije: niska, srednja, visoka i vrlo visoka. Podaci dobijeni kabinetskim radom u kombinaciji sa terenskim istraživanjima omogućiće adekvatno upravljanje životnom sredinom po pitanju bujica od strane lokalne samouprave i službi nadležnih za zaštitu životne sredine.*

Ključne reči: *GIS, Smederevo, bujice, FFPI*

ANALYSIS OF THE VULNERABILITY OF THE CITY OF SMEDEREVO BY TORRENTIAL FLOOD

Abstract: *Torrential floods in the Republic of Serbia represent a very frequent natural disaster, which often takes human lives and causes great material damage. The research area is the territory of the City of Smederevo, with an area of 484 km². By processing natural conditions in geographic information systems (GIS) and applying the Flash Flood Potential Index (FFPI), the results were interpreted based on analyzed open data. By analyzing the slope of the terrain, types of rocks, the purpose of the land and the degree of the bareness of the substrate, a synthetic map of the threat of the City of Smederevo to torrents was done. Based on the vulnerability of the terrain, the vulnerability classes are divided into the following categories: low, medium, high and very high. The data obtained through cabinet work in combination with field research will enable adequate environmental management in terms of torrents by local self-government and services responsible for environmental protection.*

Key words: *GIS, Smederevo, torrents, FFPI*

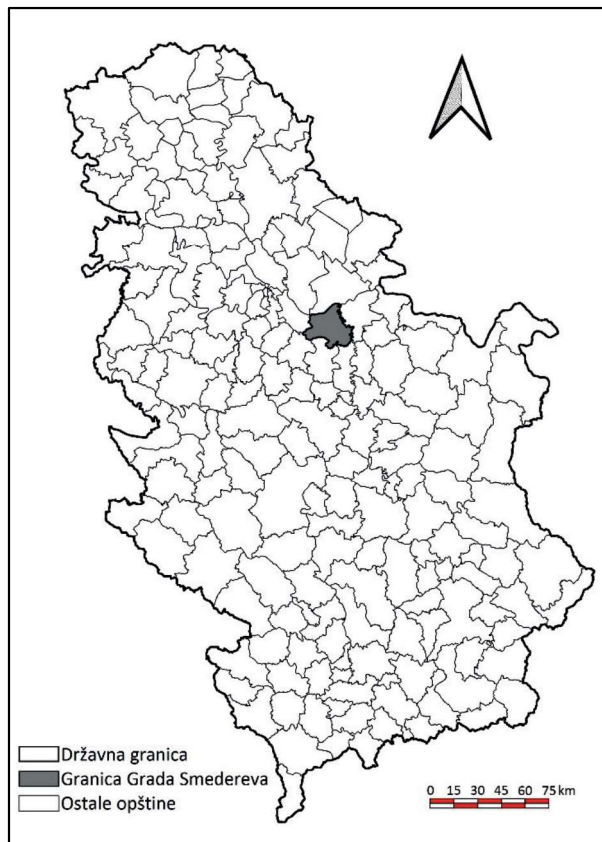
UVOD

Elementarne nepogode među kojima su naročito izražene poplave na velikim rekama i bujične poplave predstavljaju veliku opasnost po teritoriju Republike Srbije. To je uslovljeno položajem i reljefom Srbije (Стефановић и други, 2014). Bujica se definiše kao stalni ili povremeni vodotok koji usled velike količine padavina u kratkom vremenskom periodu nosi znatnu količinu erodovanog zemljišta. Bujične poplave uzrokuju veći broj ljudskih žrtava nego ostale vrste rečnih poplava. Učestalost ovih događaja, njihov intenzitet i rasprostranjenost u celoj zemlji čine ih stalnom pretnjom i imaju ozbiljne posledice po životnu sredinu, ekonomsku i socijalnu sferu (Ristić et al., 2012). Uz to, erozija i bujice predstavljaju veliku smetnju za razvoj privrede i društva, jer izazivaju ogromne štete poljoprivredi, naseljima, saobraćaju, industrijskim, hidroenergetskim i melioracionim sistemima (Дукић и Гавриловић, 2008). Takođe, može se reći da je moć bujica i poplava pokazatelj stanja slivova i rečnih tokova, meteoroloških uslova i eventualnog prisustva ljudi i materijalnih dobara, kao subjekata na kojima se manifestuju najveće potencijalne štete (Живковић, 2017). Uobičajeno je da se za nastanak bujice izdvajaju 3 osnovna faktora: veliki nagibi u slivu, obilje erodibilnog materijala, velika i nagla koncentracija vode (od intenzivne kiše ili otapanja snega) (Живковић, 2017). Njihovo detaljnije izučavanje je od ključnog značaja, jer se na taj način mogu ublažiti negativne posledice ovih prirodnih hazarda.

MATERIJALI I METODE

Prostor istraživanja

Grad Smederevo smešten je na krajnjem severu Centralne Srbije, na desnoj obali Dunava i sedište je Podunavske oblasti. Nalazi se na 44°40' severne geografske širine i 20°56' istočne geografske dužine. Teritorija Grada zauzima površinu od 484 km², a čine je jedno gradsko i 27 ostalih naselja. Smederevo se graniči sa opštinom Kovin na severu, sa opštinama Grocka i Mladenovac na zapadu i jugozapadu, sa opštinama Smederevska Palanka i Velika Plana na jugu i sa opštinom Požarevac na istoku (Milanović, 2000). Sa geomorfološkog aspekta, teritorija Grada Smedereva zahvata blago zatalasano nizijsko područje južnog oboda Panonskog basena, u krajnjem severoistočnom delu Šumadije. Ova teritorija pripada Podunavlju i donjem Pomoravlju (Bursać, 1992). Najniža tačka nalazi se nedaleko od ušća Velike Morave u Dunav (69 m) u blizini naselja Kulič na severoistočnom sektoru, dok je najviša kota locirana u ataru naselja Badljevica (270 m) u jugozapadnom delu teritorije. Veoma povoljan mikropoložaj Grada Smedereva stimulisao je razvoj važnih saobraćajnica kroz njegovu teritoriju. Dolinom reke Ralje i Donjovelikomoravskom kotlinom prolazi panevropski saobraćajni Koridor 10 koji povezuje Smederevo sa ostalim većim gradovima u Srbiji i Evropi: Budimpešta-Beograd-Kolari-Mihajlovac-Niš-Sofija/Atina.



Slika 1: Geografski položaj

Takođe, od relevantnog značaja je i plovni Koridor VII (Dunav) koji čini Smederevo važnom lukom. Kopnena veza sa Beogradom ostvaruje se i starim smederevskim putem preko Grocke i Leštana.

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Upotrebom geografskih informacionih sistema i odgovarajuće metodologije – Flash Flood Potential Index, obrađena je ugroženost Grada Smedereva bujičnim poplavama. Ovaj metod je najčešće primenjivan u svetu i regionu (Minea, 2013; Tincu et al., 2018). Razvijen je prvenstveno zato što predviđanja nastanka bujičnih poplava upotrebom meteoroloških parametra nisu pružila adekvatne rezultate i nije se definisala veza između pojave ove nepogode i određenih fizičko-geografskih karakteristika neke teritorije. Struktura i tekstura zemljišta su karakteristike koje definišu zadržavanje i infiltraciju vode. Geometrija terena, pre svega nagib određuje brzinu i koncentraciju oticanja. Od vegetacije zavisi procenat zadržavanja atmosfenske vode na površini. Na primer, sezonske promene vegetacije listopadnih šuma značajno utiču na mogućnost razvoja bujičnih poplava, a šumski požari, pored promene u vegetaciji, negativno utiču i na zemljište, gde se usled spaljivanja organske materije smanjuje snaga infiltracije. Ova metodologija se u velikoj meri primenjuje s obzirom na aktuelnost problema. Upotreba zemljišta i posebno urbanizacija imaju

važnu ulogu u infiltraciji vode, koncentraciji i ponašanju oticanja. Zajedno, ovi prirodni uslovi pružaju informacije o mogućnosti pojave bujica na određenom području (Smith, 2003).

Flash Flood Potential Index dobija se na osnovu formule (Smith, 2003):

$$FFPI = \frac{M+S+L+V}{4},$$

gde je M - nagib terena, S - tipovi stena, L - način korišćenja zemljišta i V - indeks gustine vegetacije. Nagib terena (M) dobijen je upotrebom GIS-a i baziran je na digitalnom modelu terena (DEM) rezolucije 25 metara. DEM je preuzet od strane Evropske agencije za zaštitu životne sredine u okviru programa Copernicus. Na početku se izračunava nagib izražen u procentima, a zatim se primenjuje sledeća formula:

$$M = 10^{n/30}$$

gde je n - nagib terena izražen u %. Ako je n veće ili jednako 30%, onda će vrednost M uvek imati vrednost 10.

Za analizu tipova geološke podloge (S) korišćeni su otvoreni podaci Geološkog Zavoda Srbije (OneGeology) u razmeri 1:500,000. Izvršena je klasifikacija stena za Grad Smederevo i dodeljeni su koeficijenti: 6 za neogene sedimente i 4 za kvartarne sedimente.

Podaci za način korišćenja zemljišta (L) preuzeti su iz geoprostorne baze podataka Evropske agencije za zaštitu životne sredine – Corine Land Cover (2018).

Tabela 1: Koeficijenti namene zemljišta

Namena zemljišta	Koeficijent	Namena zemljišta	Koeficijent
Veća naselja	4	Voćnjaci	6
Komercijalne i industrijske zone	4	Livade	6
Eksploatacija mineralnih sirovina	9	Kompleks poljoprivrednih parcela	8
Deponije	9	Poljoprivredne površine sa prirodnom vegetacijom	7
Parkovi	3	Listopadne šume	3
Sportsko-rekreativni kompleksi	4	Drvenasto-žbunasta vegetacija	5
Nenavodnjavane poljoprivredne površine	9	Močvare	2
Vinogradi	7	Vodene površine	1

Na osnovu stepena ugroženosti terena bujicama, vrednosti za način korišćenja zemljišta na ovom prostoru variraju od 1 do 9.

Za indeks gustine vegetacije (V) korišćen je indeks stepena ogoličenosti terena – Bare Soil Index (BSI). U svrhu dobijanja pomenutog indeksa obrađeni su multispektralni satelitski snimci (2020) satelita LANDSAT 8 koji pripada Geološkom topografskom institutu SAD-a (USGS). Tehnika daljinskog otkrivanja ima nesvakidašnje prednosti i potencijale u oblasti regionalne procene erozije zemljišta i bujica (Vrieling, 2006; Le Roux et al., 2007; Guo & Li, 2009; Mutekanga et al., 2010; El Haj El Tahir et al., 2010, Durlević et al., 2019).

BSI računa se po formuli:

$$BSI = \frac{(B6+B4)-(B5+B2)}{(B6+B4)+(B5+B2)} + 1$$

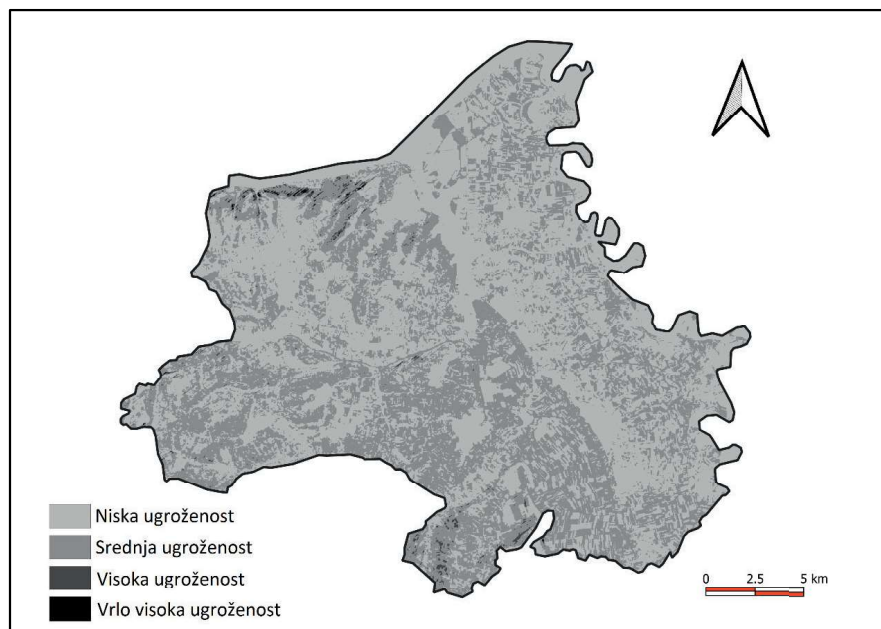
gde je B6 – kratkotalasni infracrveni spektralni kanal (SWIR 1), B4 - crveni spektralni kanal, B5 - bliski infracrveni spektralni kanal i B2 - plavi spektralni kanal.

Da bi se dobio V koeficijent, korišćena je i formula:

$$V = 7,68 \cdot \ln (BSI) + 8.$$

REZULTATI I DISKUSIJA

Analizom četiri parametra u geografskim informacionim sistemima, dobijena je sintezna karta ugroženosti Grada Smedereva bujičnim poplavama.



Slika 2: Karta ugroženosti bujičnim poplavama

Na osnovu dobijenih rezultata, uočava se da više od 99% površine Grada Smedereva ima nisku i srednju podložnost za nastanak bujičnih poplava. Oko 2,6 km² je visoko podložno, a 0,24 km² vrlo visoko podložno bujičnim poplavama.

Tabela 2: Klase ugroženosti i površine

Ugroženost	Površina (km ²)	Udeo u ukupnoj površini (%)
Niska	282,94	58,79
Srednja	195,49	40,62
Visoka	2,61	0,54
Vrlo visoka	0,24	0,05
Ukupno	481,28	100,00

Prostor koji je najpodložniji bujicama nalazi se u severozapadnom (naselja Seone i Udovice) i južnom delu Grada.

ZAKLJUČAK

Obradom prirodnih uslova, odnosno savremenih otvorenih podataka u GIS-u, dobijeni su rezultati ugroženosti teritorije Grada Smedereva bujicama. Više od 99% površine terena ima nisku i srednju ugroženost, i na ovom terenu šanse za nastanak bujica su veoma male. Pažnju treba obratiti na terene koji imaju visoku (0,54%) i vrlo visoku (0,05%) podložnost bujicama. U severozapadnom i južnom delu površine Grada, potrebno je da se kombinacijom dobijenih rezultata i terenskim istraživanjima utvrde lokacije koje su ugrožene bujicama. Kako bi se adekvatno pristupilo zaštiti pomenutog prostora, neophodno je sprovesti biološke, tehničke i biotehničke mere, poput adekvatnog upravljanja poljoprivrednim površinama i pošumljavanjem terena sa ciljem smanjenja intenziteta erozije.

LITERATURA

- [1] Bursać, M. & Veljković, A. (1992). *Opština Smederevo*. Beograd: Geografski institut „Jovan Cvijić“ SANU. Posebna izdanja, knjiga 39.
- [2] Durlević, U., Momčilović, A., Ćurić, V. & Dragojević, M. (2019). Gis application in analysis of erosion intensity in the Vlasina river basin. *Bulletin of the Serbian geographical society*, 99 (2), 17-36.
- [3] El Haj El Tahir, M., Kääh, A. & Xu, C. Y. (2010). Identification and mapping of soil erosion areas in the Blue Nile, Eastern Sudan using multispectral ASTER and MODIS satellite data and the SRTM elevation model. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1167–1178.
- [4] Guo, S. Y. & Li, Z. G. (2009). Development and achievements of soil and water conservation monitoring in China, *Sci. Soil Water Conserv.*, 7, 19–24.
- [5] Le Roux, J. J., Newby, T. S. & Sumner, P. D. (2007). Monitoring soil erosion in South Africa at a regional scale: review and recommendations, *S. Afr. J. Sci.*, 207, 329–335.
- [5] Milanović, M. (2000). *Sela oko Smedereva*. Naš glas, 1-196.
- [6] Minea, G. (2013). Assessment of the Flash Flood Potential of Bâsca River Catchment (Romania) Based on Physiographic Factors. *Cent. Eur. J. Geosci.*, 5 (3), 344-353.
- [7] Mutekanga, F. P., Visser, S. M. & Stroosnijder, L. (2010). A tool for rapid assessment of erosion risk to support decision-making and policy development at the Ngenge watershed in Uganda, *Geoderma*, 160, 165–174.
- [8] Ristić, R., Kostadinov, S., Abolmasov, B., Dragičević, S., Trivan, G., Radić, B., Trifunović, M. & Radosavljević, Z. (2012). Torrential floods and town and country planning in Serbia. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 23–35.
- [9] Smith, G. (2003). *Flash Flood Potential: Determining the Hydrologic Response of FFMP Basins to Heavy Rain by Analyzing Their Physiographic Characteristics*. Salt Lake City: NWS Colorado Basin River Forecast Center.
- [10] Tincu, R., Lazar, G. & Lazar, I. (2018). Modified Flash Flood Potential Index in order to estimate areas with predisposition to water accumulation. *De Gruyter*, 10, 593–606.
- [11] Vrieling, A. (2006). Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review, *Catena*, 65, 2–18.
- [12] Дукић, Д. и Гавриловић, Љ. (2008). *Хидрологија*. Београд: Завод за уџбенике.
- [13] Живковић, Н. (2017). *Основи водопривреде*. Београд: Српско географско друштво.
- [14] Стефановић, М., Гавриловић, З. и Бајчетић, Р. (2014). *Локална заједница и проблематика бујичних поплава*. Београд: Организација за европску безбедност и сарадњу, мисија у Србији.