

MODELIRANJE POTENCIJALNIH OPASNOSTI OD POPLAVA PRIMENOM METODA DALJINSKE DETEKCIJE I GIS-A

MODELING OF POTENTIAL FLOOD DANGERS USING REMOTE SENSING AND GIS METHODS

dr Milisav Tomić, Elektroprivreda Srbije AD, RB Kolubara, Služba za biološku rekultivaciju; ORCID iD: 0009-0001-8781-5645, milisav.tomic@eps.rs;
pukovnik Milan Stefanović, MUP RS, Direkcija policije; milanllstefanovic@gmail.com;
Miodrag Tomić, Elektroprivreda Srbije AD, RB Kolubara, ORCID iD: 0009-0007-3653-6658, miodrag.tomic@eps.rs

KRATAK SADRŽAJ

U radu su prikazani rezultati primene metoda daljinske detekcije (RS), i geografskih informacionih sistema (GIS-a), u proceni pojave rizika od poplava sa analizom uticaja na antropogene objekte i infrastrukturu na primeru opštine Lazarevac, Republika Srbija. Prva faza rada podrazumeva izbor podloga koje treba obraditi za dobijanje modela rizika pojave poplava, a zatim kreiranje operativne mape rizika poplava, koja će korisnicima omogućiti da lakše identifikuju područja sa najvećom verovatnoćom ugroženosti, i razviju strategiju i planove zaštite ugroženog prostora. Rad se zasniva na obradi Landsat satelitskih snimaka i digitalnog modela terena analiziranog prostora u softveru ArcGis, primenom metoda daljinske detekcije i GIS-a. Model procene pojave rizika poplava dobijen je analizom prirodnih elemenata istraživanog prostora, morfologije i nagiba terena, hidrografske mreže, kao i antropogenih tvorevina i načina korišćenja zemljišta, naselja i puteva.

Glavne reči: GIS, daljinska detekcija, procena rizika, poplava

ABSTRACT

The paper presents the results of applying remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) methods in assessing the occurrence of flood risks with an analysis of the impact on anthropogenic objects and infrastructure using the example of the municipality of Lazarevac, Republic of Serbia. The first phase of the work involves the selection of the bases to be processed to obtain a flood risk model, and then the creation of an operational flood risk map, which will enable users to more easily identify areas with the highest probability of being at risk, and develop a strategy and plans for protecting the endangered area. The work is based on the processing of Landsat satellite images and a digital terrain model of the analyzed area in the ArcGis software, using remote sensing and GIS methods. The flood risk assessment model was obtained by analyzing the natural elements of the research area, the morphology and slope of the terrain, the hydrographic network, as well as anthropogenic formations and the way of using land, settlements and roads.

Key words: GIS, remote sensing, risk assessment, flood

UVOD

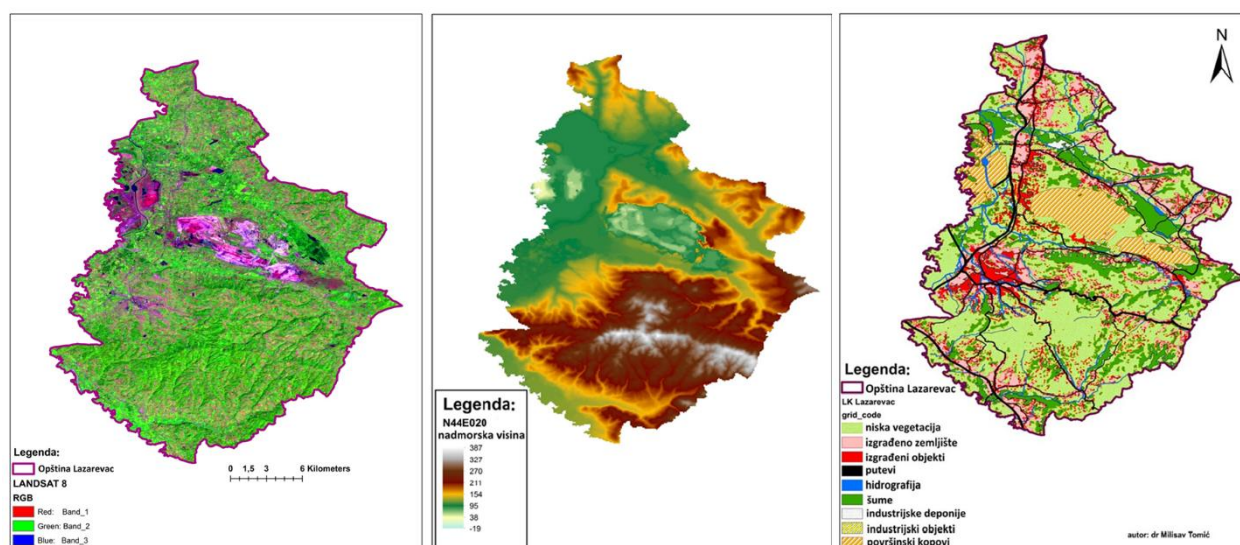
Poplave kao prirodne pojave koje nastaju kao posledica velikih količina padavina i naglih topljenja snega kada rečni tokovi nisu u stanju da prime visoke vode često nastaju kao posledica antropogenih faktora (Green et al., 2000), intenzivne urbanizacije, industrijalizacije, rudarstva, uništavanja šumskog pokrivača, saobraćajne infrastrukture kao i globalne promene klime. Poplave koje su poslednjih decenija sve učestalije (Parker et al., 2007), nanose velike materijalne štete u prirodnoj i antropogenoj sredini često i sa ljudskim žrtvama. Kako bi se utvrdili uzroci kao i potencijalne posledice poplava potrebno je razvijati analitičke modele (Zerger, A. 2002). Razvojem savremenih tehnika i tehnologija u oblasti daljinskih snimanja (aerofoto snimci, snimci iz dronova, satelitski snimci), kao i razvoj geografskih informacionih sistema (GIS), omogućuje se uspešno modeliranje potencijalnih opasnosti od poplava (Bonham, 1994; O'Connor et al., 2002; Spachinger, K., et al., 2008; Elsheikh, R., et al., 2015; Wondim Y.K. 2016; Ayenew W.A., and Kebede H.A. 2023; Kumar, V., et al., 2023), i procena šteta i opasnosti koje mogu izazvati.

PROSTOR ISTRAŽIVANJA

Analizirani prostor obuhvata granice opštine Lazarevac površine 384 km², Republika Srbija, gde se od 50-ih godina dvadesetog veka vrši intenzivna površinska eksploatacija kolubarskog lignita u okviru kompanije Elektroprivrede Srbije Rudarskog basena Kolubara sa pratećom rudarsko energetsom infrastrukturuom i objektima. Sam tok reke Kolubare kao i njenih pritoka reka Beljanice, Turije, Peštana i Lukavice je za potrebe rudarskih radova više puta izmeštan i regulisan. Promene namene korišćenja zemljišta kao i promene morfologije terena mogu uticati na pojave poplava i njenih posledica.

MATERIJALI I METODE

Materijali korišćeni u radu prilikom primene metoda daljinske detekcije i GIS-a u modeliranju potencijalnih opasnosti od poplava, su satelitski LANDSAT snimci (Slika 1 (a)), i digitalni model terena (Slika 1 (b)), čija scena zahvata prostor opštine Lazarevac.



Slika 1. Korišćeni LANDSAT snimak (Izvor obrađivanog snimaka: <http://landsatlook.usgs.gov>) (a), digitalni model terena analiziranog prostora (b), i namena korišćenja zemljišta (c), (Izvor, autori 2025)

Slika 1, prikazuje satelitski LANDSAT snimak sa granicom istraživanog prostora opštine Lazarevac (a), digitalni model terena (b), prikazuje izrazite promene morfologije terena analiziranog prostora, koje se javljaju kao posledica intenzivne površinske eksploatacije lignita.

Prilikom izrade modela potencijalnih opasnosti od poplava, korišćen je softver ArcGIS 10. Postupci su podrazumevali: uvoz rasterskih slika (LANDSAT snimak). Primenjena je nadgledana (pikseli se upoređuju i stavljaju u klasu kojoj najviše liče), i nenadgledana (dodeljuju se vrednosti piksela prema najsličnijim okolnim pikselima), klasifikacija snimaka, utvrđivanje reprezentativnih klasa, i prezentacija podataka analiziranog prostora (Tomić M., 2023), kako bi se dobila mapa korišćenja zemljišta u 9 klasa (niska vegetacija, izgrađeno zemljište, izgrađeni objekti, putevi, hidrografija, šume, industrijske deponije, industrijski objekti, površinski kopovi) (Slika 1 (c)).

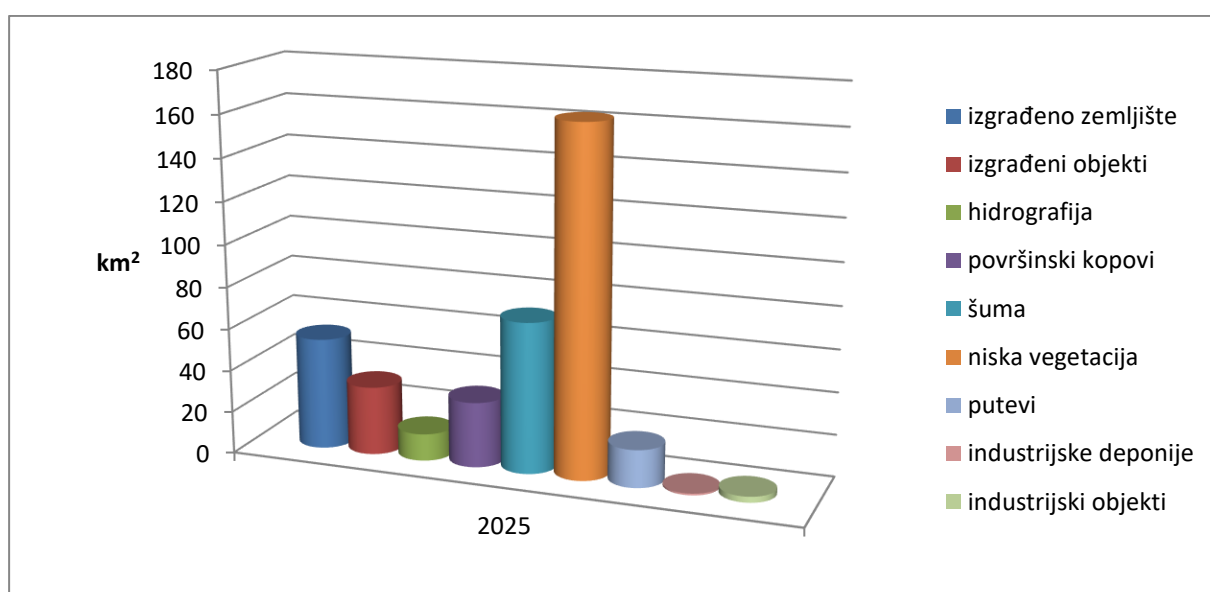
REZULTATI I DISKUSIJA

Obradom satelitskih snimaka, metodama daljinske detekcije i GIS-a i dobijanja mape korišćenja zemljišta u 9 klasa, dobijeni su sledeći rezultati: (Slika 1 (c), Tabela 1, Grafikon 1).

Tabela 1.

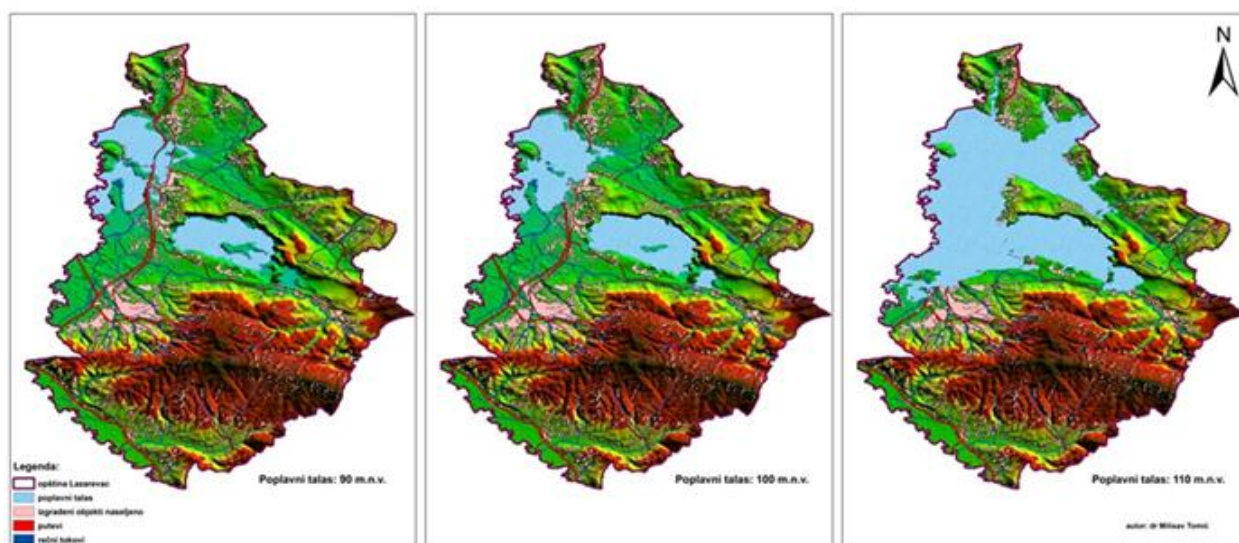
Korišćenje zemljišta	2025	
	km ²	%
izgrađeno zemljište	53.04	13.81
izgrađeni objekti	32.51	8.47
hidrografija	12.81	3.34
površinski kopovi	30.95	8.06
šuma	71.34	18.59
niska vegetacija	163.1	42.47
putevi	17.86	4.65
industrijske deponije	0.8	0.21
industrijski objekti	2.8	0.73
Ukupno	384	100

Izvor (autori 2025)



Grafikon 1: Korišćenje zemljišta u 2025. godini (Izvor: Autori, 2025)

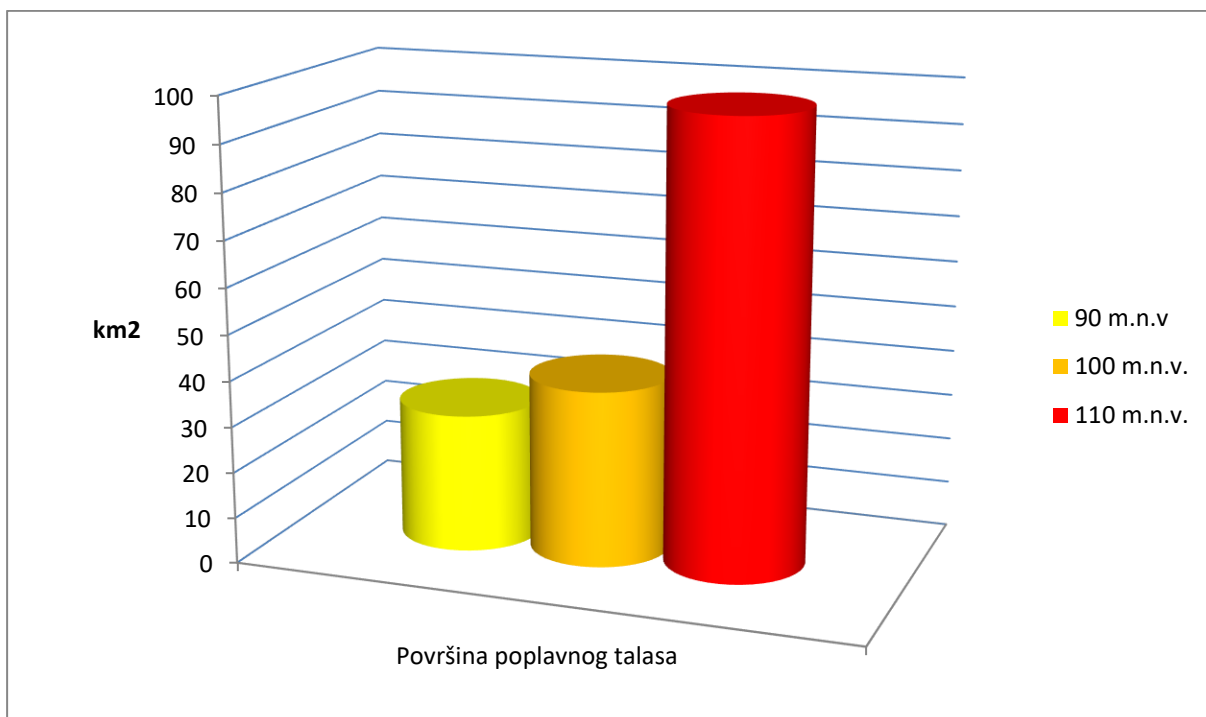
Grafikon 1, prikazuje promene namene korišćenja zemljišta za analizirani period.



Slika 2. Slika poplavnog talasa na 90 m.n.v. (a), Slika poplavnog talasa na 100 m.n.v. (b), Slika poplavnog talasa na 110 m.n.v. (c). (Izvor, autori 2025)

Tabela 2. Površina poplavnog talasa na 90, 100 i 110 m.n.v.

površina poplavnog talasa			
		km ²	%
1	90 m.n.v.	30.12	7.84
2	100 m.n.v	38.41	10.00
3	110 m.n.v	97.98	25.52
ukupna površina prostora		384	100



Grafikon 2. Površina poplavnog talasa na 90, 100 i 110 m.n.v.

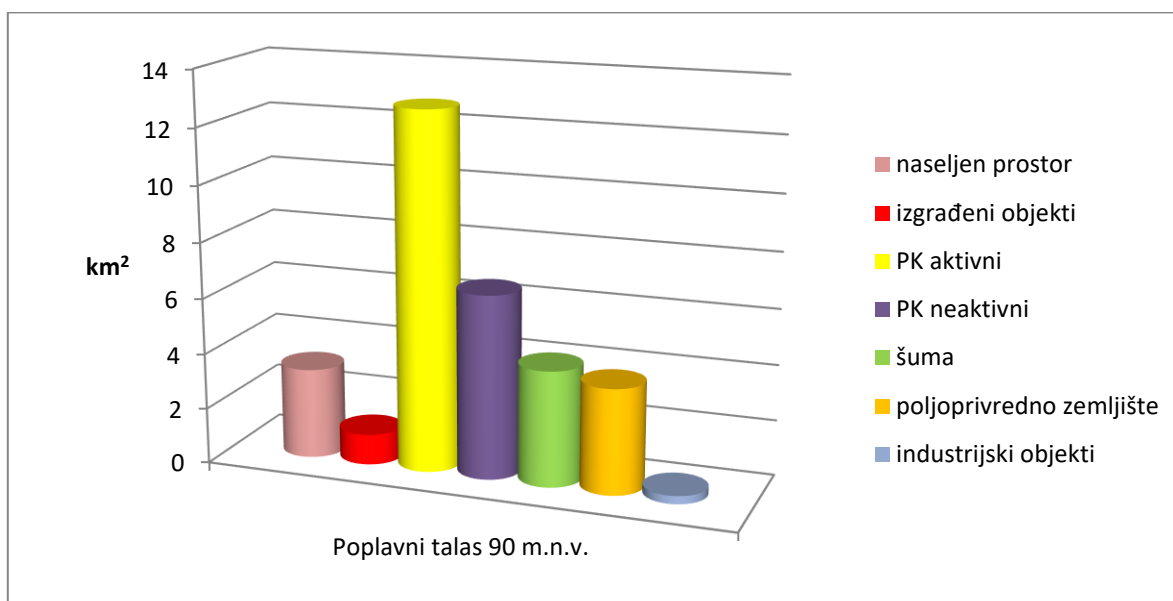
Tabela 3. Poplavljena saobraćajna infrastruktura pri površinama poplavnog talasa na 90, 100 i 110 m.n.v.

Pri površini poplavnog talasa		poplavljeno puteva km		poplavljeno pruga km		
		Državni put I B reda		Međunarodna pruga Beograd-Bar	Industrijska Pruga Vreoci TEK Veliki Crljeni	Industrijska Pruga Vreoci-TENT Obrenovac
		Ibarska magistrala 22	Put Lazarevac-Vreoci-Arandjelovac 27	Međunarodna železnička linija	Industrijska pruga za prevoz uglja	Industrijska pruga za prevoz uglja
1	90 m.n.v.	2.37	0	3.52	0.54	4.72
2	100 m.n.v	5.96	1.09	4.67	0.87	5.62
3	110 m.n.v	14.92	8.00	15.61	10.00	10.67

Rezultati prikazani u Tabeli 3, pokazuju ozbiljne rizike prekida drumskih i železničkih saobraćajnica gotovo na svim nivoima poplavnog talasa.

Tabela 4. Poplavni talas na 90 m.n.v.

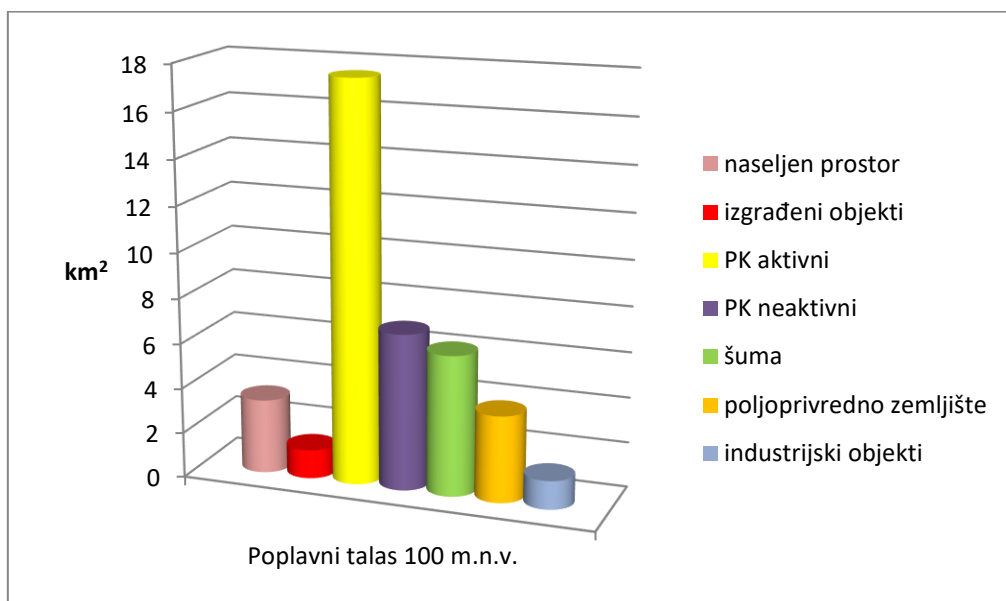
Poplavljene površine pri 90 m.n.v. poplavnog talasa		
	km ²	%
naseljen prostor	3.25	0.85
izgrađeni objekti	1.10	0.29
površinski kopovi aktivni	12.79	3.33
površinski kopovi neaktivni	6.60	1.72
šuma	4.16	1.08
poljoprivredno zemljište	3.79	0.99
industrijski objekti	0.29	0.08
ukupna površina prostora	384	100



Grafikon 3. Poplavni talas na 90 m.n.v.

Tabela 5. Poplavni talas na 100 m.n.v.

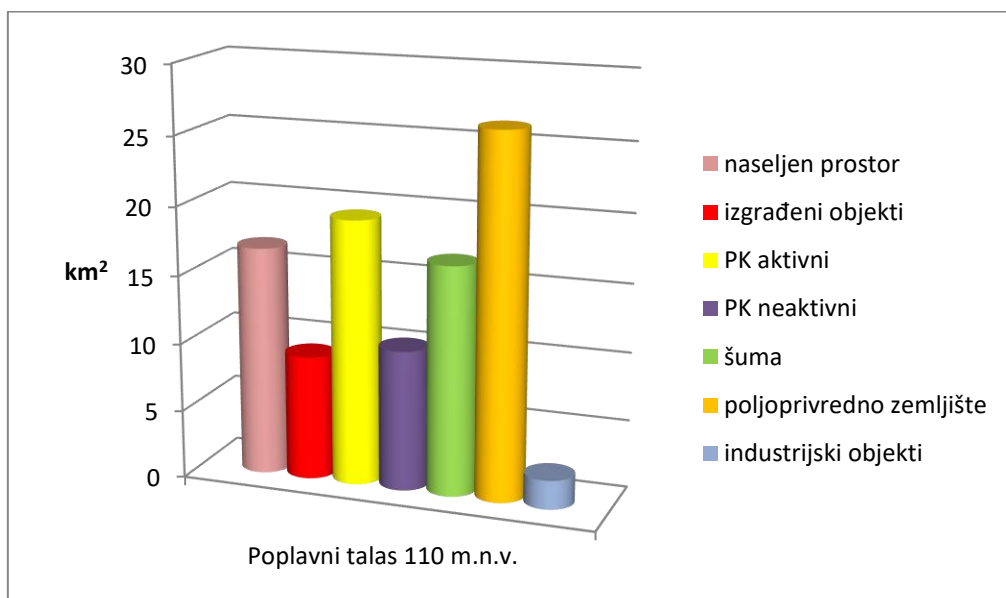
Poplavljene površine pri 100 m.n.v. poplavnog talasa		
	km ²	%
naseljen prostor	3.29	0.86
izgrađeni objekti	1.27	0.33
površinski kopovi aktivni	17.54	4.57
površinski kopovi neaktivni	6.90	1.80
šuma	6.20	1.62
poljoprivredno zemljište	3.82	1.00
industrijski objekti	1.26	0.33
ukupna površina prostora	384	100



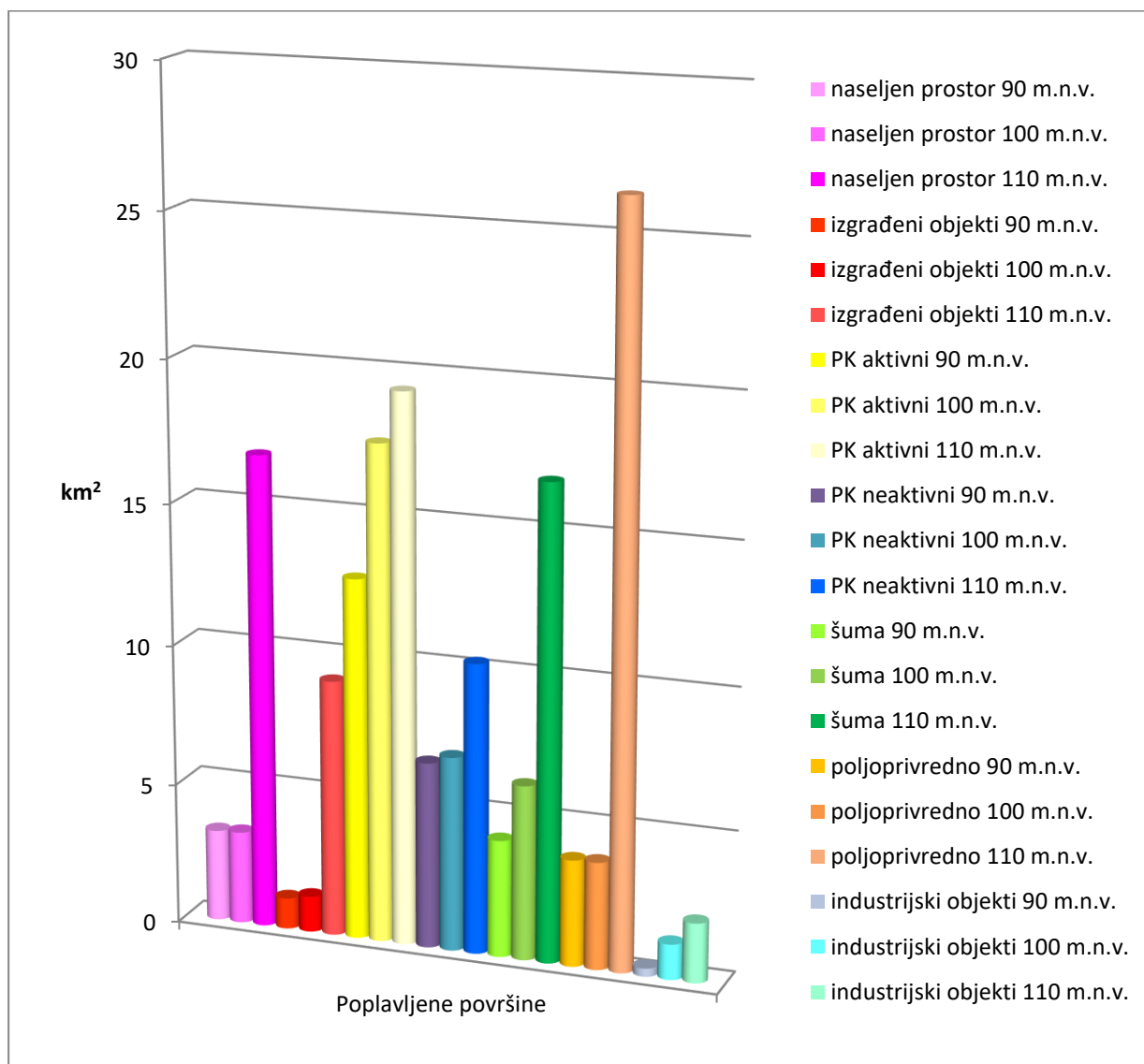
Grafikon 4. Poplavni talas na 100 m.n.v.

Tabela 6. Poplavni talas na 110 m.n.v.

Poplavljene površine pri 110 m.n.v. poplavnog talasa		
	km ²	%
naseljen prostor	16.77	4.37
izgrađeni objekti	9.11	2.37
površinski kopovi aktivni	19.37	5.04
površinski kopovi neaktivni	10.28	2.68
šuma	16.75	4.36
poljoprivredno zemljište	26.35	6.86
industrijski objekti	2.12	0.55
ukupna površina prostora	384	100



Grafikon 5. Poplavni talas na 110 m.n.v.



Grafikon 6. Poplavljene površine i objekti na 90, 100 i 110 m.n.v.

ZAKLJUČAK

Predstavljeni su rezultati modeliranja potencijalnih opasnosti od poplava primenom metoda daljinske detekcije i GIS-a u analizi i pojava i procesa u životnoj sredini.

Rezultati analize obrađenih satelitskih snimaka koji obuhvataju opštinu Lazarevac, (Srbija), pokazuju specifičnosti namene korišćenja zemljišta koje dovode do značajnih promena uslova životne sredine, kao i mogućnosti procene pojave poplavnog talasa analiziranog prostora.

Poplave ili pojave i širenje nekontrolisane visoke vode u prostoru, uslovljene su prirodnim i antropogenim faktorima. Metode daljinske detekcije i GIS-a omogućavaju da se preko satelitskih snimaka detektuju objekti, pojave i procesi analiziranog prostora. Detektovanje namene korišćenja zemljišta, kao posledice antropogenih aktivnosti i delatnosti, i prirodnih faktora (nagiba i ekspozicije terena, rečnih proticaja), stvaraju se uslovi za procenu pojave rizika poplava u prostoru. Rezultati ovakvih modela mogu pomoći da se smanje štete na saobraćajnicama, stambenim i industrijskim objektima i infrastrukturi kao i da daju podloge za planiranje buduće gradnje i planiranja korišćenja prostora.

LITERATURA

1. Bonham-Carter GF (1994) „Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS“. In: Bonham-Carter F (ed) Computer methods in the geosciences. Pergamon, Oxford
2. Green, C. H., Parker, D. J. & Tunstall, S. M. (2000) „Assessment of Flood Control and Management Options“. Thematic Review IV.4 prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town <http://www.dams.org> (<http://www.dams.org>)
3. Zerger, A. 2002. „Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling“. Environ. Model. Software, 17 (3) : 287 – 294. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00071-8)
4. O'Connor, J.E., G.E. Grant, and J.E. Costa. 2002. “The Geology and Geography of Floods.” In Ancient Floods, Modern Hazards: Principles and Applications of Paleoflood Hydrology, Water Science and Application 5, 359–385.
5. Parker , D. , Tapsell , S. and McCarthy , S. 2007. „Enhancing the human benefits of flood warnings“. Natural Hazards, 43 (3) : 397 – 414 .
6. Spachinger, K.; Dorner, W.; Metzka, R.; Serrhini, K.; Fuchs, S. 2008. „Flood Risk and Flood Hazard Maps- Visualization of Hydrological Risks“. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2008, 4, 012043. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
7. Elsheikh, R. , Ouerghi, S. and Elhag, A. (2015) „Flood Risk Map Based on GIS, and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia)“. Journal of Geographic Information System, 7, 348-357. doi: 10.4236/jgis.2015.74027.
8. Y.K. Wondim (2016): „Flood hazard and risk assessment using GIS and remote sensing in lower Awash sub-basin Ethiopia“. J. Environ. Earth Sci., 6 (9) (2016), pp. 23-25 Retrieved from 2224-3216
9. W.A. Ayenew and H.A. Kebede (2023): „GIS and remote sensing based flood risk assessment and mapping: The case of Dikala Watershed in Kobo Woreda Amhara Region, Ethiopia“ Environmental and Sustainability Indicators 18 (2023) 100243; <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100243>
10. Kumar, V., K.V. Sharma, T. Caloiero, D.J. Mehta, and K. Singh. 2023. “Comprehensive overview of flood modeling approaches. A review of recent advances.” Hydrology 10 (7): 141.
11. Tomić M. (2023): „ANALIZA UTICAJA RUDARSKIH RADOVA NA PROMENE NAČINA KORIŠĆENJA ZEMLJIŠTA U ZONI RUDARSKOG BASENA „KOLUBARA“ DALJINSKOM DETEKCIJOM“, XIV SIMPOZIJUM sa međunarodnim učešćem „RUDARSTVO 2023“, 30.05-02.06.2023, Zlatibor. str. 344-354.