

UDK: 556.166(497.11)
DOI: 10.5937/KonGef24107D
Прегледни научни рад

ПРОЦЕНА ПОДЛОЖНОСТИ СЛИВА РЕКЕ РАШКЕ ЗА НАСТАНАК БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА

Добрић Милица¹, Дурлевић Урош², Чегар Нина³

Апстракт: Према броју регистрованих бујичних токова и последицама које изазивају, бујичне поплаве су једна од најчесталијих и најдеструктивнијих природних непогода у Србији. Њихова појава, обим и трајање се потенцијално могу предвидети помоћу метода за процену подложности терена. За настанак и обим бујичних поплава кључни су физичко-географски параметри истраживаног простора. Са климатског аспекта, узрочник су краткотрајне кише јаког интензитета. Према климатским пројекцијама, климатске промене ће узроковати пораст учесталости екстремних падавина, посредно и пораст учесталости бујичних поплава. Досадашња истраживања су показала високу подложност сливова река јужно од Саве и Дунава настанку бујица, као и пораст екстремних падавина од друге половине 20. века. Циљ рада је процена угрожености слива реке Рашке настанку бујичних поплава применом Flash Flood Potential Index (FFPI). С обзиром да FFPI у процени не обухвата климатске параметре, у раду су анализирани промене екстремних падавина. Према добијеним резултатима FFPI методе, угрожени терени за настанак бујица су класификовани у четири класе. Слив реке Рашке обухвата једну од најгушће насељених општина у Србији, Нови Пазар, који је често погођен бујичним поплавама. Према постојећем Инвентару, прва катастрофална поплава забележена је 1518. године. Стога, резултати истраживања могу користити доносиоцима одлука, службама за управљање у ванредним ситуацијама и локалном становништву за спровођење мера превенције и адаптације.

Кључне речи: Бујичне поплаве, FFPI, екстремне падавине, слив Рашке

УВОД

Подложност територије за настанак и врсту природних хазарда зависи од физичко-географских услова. С обзиром да су глобални феномен, њихови ефекти и последице директно и посредно утичу на становништво, насеља, привреду и животну средину (Kovačević-Majkić et al., 2014). Најчесталији природни хазард на територији Републике Србије су бујичне поплаве. Њихова појава је нагла после краткотрајних и интензивних кишних епизода. Трају кратко и након бујичних поплава, често су приметна оштећења на локалном нивоу (Dragicević et al., 2011, Dragičević et al., 2013; Petrović, 2015). Два периода, мај-јун и фебруар-март су означени као критични за настанак бујичних поплава у Србији. Први период одговара пролећном, примарном максимуму падавина у Србији (Ducić & Radovanović, 2005; Dragicević, 2011). У последњој деценији, територија Србије се суочила са разорним поплавама 2014 године (Ristić et al., 2017; Petrović et al., 2021, Petrović et al., 2021) затим и 2020. године (Petrović et al., 2023). За 2014. годину је процењена штета од 1,5 милијарди долара (Stefanović et al., 2015). За адекватну и правовремену превенцију, неопходно је проценити подложност слива за појаву бујичних поплава. Једна од метода која се често примењује је Flash Flood Potential Index (FFPI). На простору Србије примењен је у сливовима реке Ибра (Dragičević et al., 2019), Млаве (Durlević, 2021), делу слива Дунава (Marković et al., 2021), простора ПИО Власина (Durlević et al., 2021).

Од краја 20. века приметан је пораст кишних епизода јаког интензитета скоро на целој територији Србије (Unkašević and Tošić, 2011). Најчесталија појава екстремних киша је у јуну (Anđelković et al., 2020), а до краја века се очекује промена месечне дистрибуције екстремних

¹ Универзитет у Београду - Географски факултет, Студентски трг 3/III, Београд, Србија, milica.dobric@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-6035-8835

² Универзитет у Београду - Географски факултет, Студентски трг 3/III, Београд, Србија, uros.durlevic@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0003-3497-5239

³ Универзитет у Београду - Географски факултет, Студентски трг 3/III, Београд, Србија, nina.cegar@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0001-8486-5586

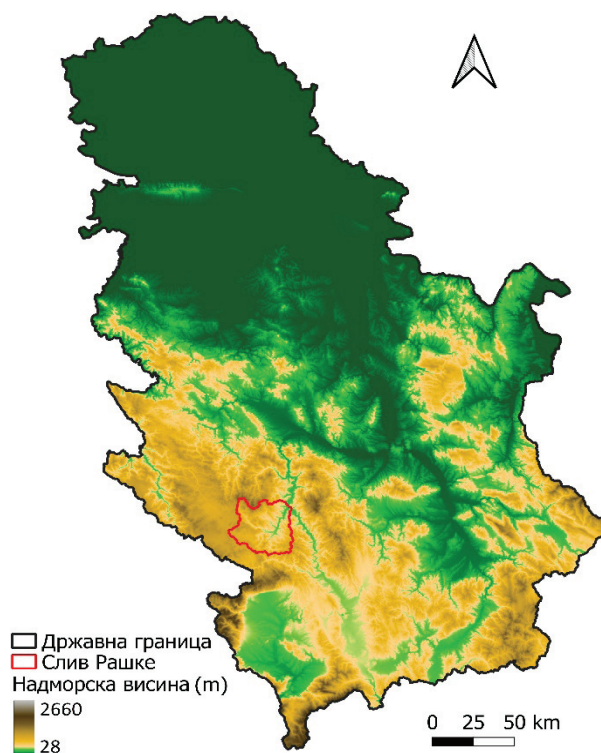
падавина. На основу пројекција, октобар ће бити месец са најчесталијим кишним епизодама јаког интензитета (Erić et al., 2021). У складу са рецентним променама климе и актуелним пројекцијама, могу се очекивати фреквентније појаве бујичних поплава (IPCC, 2021). Anđelković et al. (2018) су одредили праг критичних вредности дневних падавина за настанак поплава који се креће у распону од 33,6 mm до 52,5 mm за целу Србију.

Река Рашка протиче кроз територије општина Нови Пазар и Рашка. Стога, у раду ће се анализирати подложност за настанак бујичних поплава у сливу реке Рашке у циљу превенције и адаптације. С обзиром да FFPI не обухвата климатске параметре, анализиран је тренд веома влажних дана на простору општина Нови Пазар и Рашка.

ПРОСТОР ИСТРАЖИВАЊА

Слив реке Рашке је познат по честим бујичним поплавама, праћеним флувијалном ерозијом и материјалном штетом па је управо зато одабран за примену поменуте методе. Први запис о изливању Рашке датира из 1518. године (Petrović et al., 2014). Према Инвентару (Petrović, 2021), прва катастрофална поплава у Новом Пазару је забележена 1955. године. Последња катастрофална поплава је забележена је 21.5.2024. године.

Река Рашка је највећа лева притока реке Ибар, дужине 39 km. Рашка извире на обронцима Пештерске висоравни код манастира Сопоћани, 15 km западно од Новог Пазара. Рашка има прилично симетричан правоугаони слив површине 1035 km² са просечном висином водених седимената од 755 mm годишње, тече клисурастом долином све до Новопазарске котлине. Највеће притоке реке Рашке су: Јошаница, Људска, Дежевска, Трнавица, Слатинска и Избичка река (Павловић, 2019).



Сл 1. Географски положај слива реке Рашке

Рашка представља главни ток истоимене микрорегије на југозападу Србије. Развијена је у котлини између Голије на северу, Рогозне на југу и Пештарске крашке висоравни на западу. На хидролошки режим слива доминантно утичу планине Рогозна (1479 m) и Голија (1833 m), где се снег задржава до априла. Слив реке Рашке годишње прима око 750 mm атмосферског талога. Са планина Рогозне и Голије утицај на падавине је преко 100 mm због снежног покривача који се задржава до априла. Најнижи водостај је у јулу и септембру, а највиши у новембру

и марту. Највећа ширина реке је у доњем току и износи 10 m, а највећа измерена дубина је 1,50 m. Морфологија речног корита је променљива и под евидентним утицајем ерозије током проласка великих вода. На водотоцима је забележен велики број мостова и испуста приватних канализационих излива (https://rdvode.gov.rs/doc/ESMP_NP_Ra%C5%A1ka_SRP.pdf). Хидротехнички објекти за коришћење вода и заштиту вода нису евидентирани.

Рашка протиче кроз Новопазарску котлину, где се налази урбано језгро града Новог Пазара, а затим кроз истоимену општину Рашка. Да би се Нови Пазар заштитио од високих вода Рашке, уређено је његово 3,5 km дуго корито у центру града. Стање нерегулисане деонице реке Рашке, по својим карактеристикама одговара бујичном карактеру водотока. Природно формиран попречни профил је типичан за мале водотоке у доњем току. Подразумева уско, кривудава корито формирано у сопственом алувијуму, са обалама под утицајем велике водене ерозије. Природно узак профил тока додатно је сужен интензивном вегетацијом, уз повремено присуство отпада и шута, као и објеката у кориту. Обале река карактерише густа изграђеност објеката и инфраструктуре, што ограничава избор и димензије техничког решења за предложене радове реке.

Према попису из 2022. године, Нови Пазар има 121 113 становника (РЗЗС), са изузетно великом густином насељености, и антропопресијом која негативно утиче на слив реке Рашке.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Бујичне поплаве могу изазвати велика оштећења на стамбеним, привредним и јавним објектима. Оштећују путеве, руше мостове и друге објекте саобраћајне инфраструктуре, а неретко доводе и до људских жртава. Зато је неопходна анализа природних услова у којима долази до њиховог настанка, као и категоризација терена према потенцијалу за настанак ове хидролошке непогоде на њима. Примена различитих метода за процену потенцијалних бујица је кључна како би се смањиле штете и ризици по човека и животну средину. Само применом одговарајућих метода могу се добити прецизни и релевантни подаци који су неопходни за постизање циљева и задатака истраживања.

Flash Flood Potential Indeks (FFPI) је примењен ради идентификације терена и његове подложности за насатанк бујичних поплава. Овај метод је развијен како би се унапредила веза између саме непогоде и одређених физичко-географских карактеристика простора.

Структура и текстура земљишта су особине које одређују задржавање и инфилтрацију воде. Нагиб и геометрија слива одређују брзину и концентрацију отицаја. Вегетација и структура крошњи уједначавају доспевање падавинских вода на подлогу. Начин коришћења земљишта, а нарочито урбанизација, имају значајну улогу у инфилтрацији воде, концентрацији и понашању отицања. Заједно, ове донекле статичне одлике, пружају информацију о могућности појаве бујица на одређеном простору (Smith, 2003). Наравно, и оне су подложне динамичним променама. На пример, сезонске промене у вегетацији листопадних шума знатно утичу на могућност појаве и развој поменутог процеса, а шумски пожари, осим промена на вегетацији, негативно утичу и на земљиште, код кога се због сагоревања органске материје смањује инфилтрациона моћ (Novković, 2016).

Основа FFPI методе лежи у прорачуну који је предложио Smith (2003), и врши се на основу формуле:

$$FFPI = M+S+L+V \quad 4$$

где је: M - нагиб терена; S - типови стена; L - начин коришћења земљишта; V - степен оголићености терена (Smith, 2003).

Вредности коефицијената параметара се крећу у распону од 1 до 10, од најмање подложног терена појави бујица, до најугроженијег.

Коефицијент M (нагиб терена) израчунат је на основу дигиталног модела висина (DEM) просторне резолуције 12.5 m. DEM је добијен обрадом садржаја са геопортала Alaska Satellite Facility и радиометријске корекције терена (Alos Palsar). Добијени подаци о надморској висини истраживаног простора обрађени су у QGIS софтверу, а затим добијене резултате о нагибу терена за потребе методе неопходно је конвертовати и приказати њихове вредности у процентима (%), а након тога примени формулу за прорачун.

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

где је : n нагиб терена изражен у %. Ако је n веће или једнако 30%, онда је вредност M увек 10 (Durlević, 2021).

Да би извршили класификацију предиспонираности терена на основу геолошке подлоге за настанак бујица, неопходно је извршити прорачун коефицијента (S), односно типова стена. За потребе тог коефицијента обрађене су геолошке карте размере 1:100 000. Класификација геолошке подлоге слива реке Рашке и додељени коефицијенти одређеним групама приказана је у табели.

Табела бр 1: Коефицијенти типова стена

Тип стене	Вредност (S) коефицијента
Кластичне и карбонатне седиментне стене	6
Базичне магамтске стене	3
Метаморфне стене	7
Невезани кластити	10
Кречњак са рожнацима	4
Киселе, интермедијарне и њихови пирокласти	5

Класификација и груписање типова стена извршена је на основу текстуре, структуре и генетске предиспозиције стена. Додељени коефицијенти су у распону од 3 (најотпорније) на настанак бујица, до 10 (најподложније). Невезани кластични седименти, метаморфне стене и кластичне карбонатне стене класификоване су као најподложније за настанак бујичних поплава (Табела 1). Такође киселе и интермедијарне стене због присуства пирокласта у њима класификоване су као подложне за настанак непогоде.

На основу података добијених из геопросторне базе ESRI (Environmental Systems Research Institute), и сцене снимљене за период 2023. године, израчунат је индекс намене земљишта (L). За потребе добијања овог индекса, одређене су класе коришћења земљишта у вредностима од 1 до 9, у зависности од карактеристика значајних за појаву и развој бујичне поплаве.

Табела бр. 2: Коефицијенти немане земљишта

Намена земљишта	Вредност (L) коефицијента
Водене површине	1
Шуме	4
Депоније	8
Пољопривредне површине	7
Насеља	4
Оголићене површине	9
Пашњаци и ливаде	5

Површине које су под антропопресијом и површине на којима је оскудна вегетација класификоване су као најподложније за настанак бујичних поплава. Са друге стране, оним површинама које имају већу могућност апсорпције воде додељени су коефицијенти који указују на мању могућност настанка бујица, као што су шуме (Табела 2).

За анализу индекса (V) густине вегетације, примењен је индекс степена оголићености земљишта – Bare Soil Index (BSI). Први корак у прорачуну индекса је обрада мултиспектралног сателитског снимка Sentinel-2 који припада Европској свемирској агенцији (ESA), у оквиру програмског пакета Copernicus. Прорачуни су вршени на сателитском снимку из 2023. године.

BSI се рачуна по формули (Diek et al., 2017):

$$BSI = \frac{(B11 + B4) - (B8 + B2)}{(B11 + B4) + (B8 + B2)}$$

где је: B11 - краткоталасни инфрацрвени спектрални канал (SWIR); B4 представља црвени спектрални канал; B8 је блиски инфрацрвени спектрални канал (NIR); B2 представља плави спектрални канал.

Да би се добио V коефицијент, примењена је и формула:

$$V = 7,68 \cdot \ln (BSI+1) + 8$$

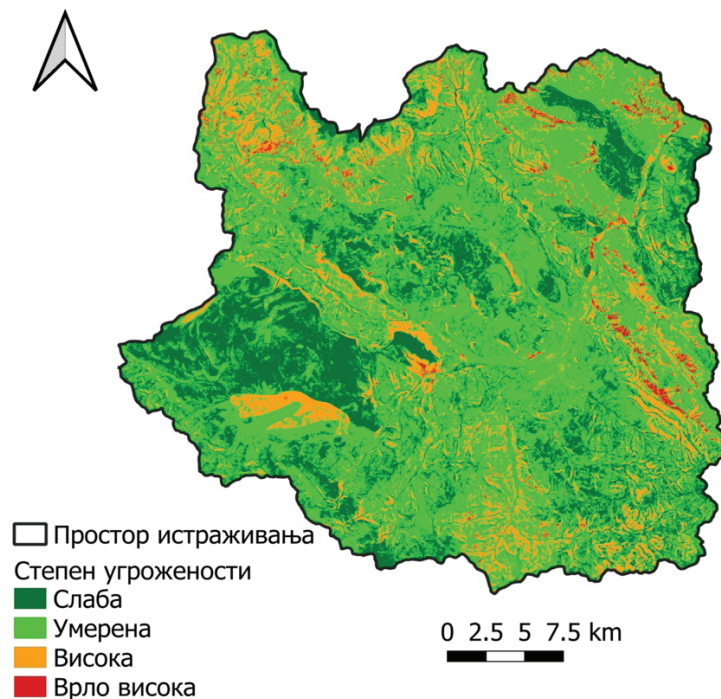
Како би се избегле негативне вредности у коначном резултату, додата је вредност 1 (Durlević, 2021). Индекс густине вегетације се креће од 1 до 10, утврђена је зависност између вредности BSI и коефицијента густине вегетације.

Прогноза бујичних поплава на основу FFPI дала је у литератури веома добре резултате и једна је од препоручених прогностичких метода. Њено ограничење огледа се у томе што у својим прогнозама не обухвата климатолошке параметре. С обзиром да FFPI у процени не користи климатске параметре, у раду су анализирани промене екстремних падавина.

Коришћени су подаци о дневној количини падавина за општине Рашка и Нови Пазар за период 1950-2020. Подаци су преузети са Дигиталног Атласа Климе Србије (Ministarstvo za zaštitu životne sredine, 2022). Издвојен је број кишних дана ($R \geq 0,1 \text{ mm}$) са количином падавина изнад 95 перцентила. (R95pTOT) (https://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml). За анализу тренда броја веома влажних дана коришћен је Ман Кендалл тест, а магнитуда тренда је одређена Сеновом проценом нагиба (Mann 1945; Kendall 1975).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На основу обраде и анализе свих до сада поменутих коефицијената, добијене су вредности FFPI индекса. Резултати су помоћу географских информационих система (ГИС) добијени и приказани у виду синтезне карте. Вредности су класификоване у четири класе (веома висока, висока, средња и ниска) у односу на степен подложности терена за настанак бујичних поплава. Добијени резултати показују могућност просторне дистрибуције појаве под одговарајућим природним условима, што не значи да ће их на одређеном терену нужно бити. Просторна резолуција синтезне карте износи 12.5 m.



Сл 2. Подложност слива Рашке за настанак бујичних поплава

Од укупне анализираних површине (1034.96 km^2) на карти је приказано да су најугроженији делови у северном и источном делу слива, што у поређењу са конфигурацијом терена одговара просторима са највећим нагибом и насељима која се често сусрећу са проблемом бујичних поплава (Хотково, Цоковиће, Долац, Пожежина).

Табела бр 3. Површине класа угрожености терена бујичним поплава у сливу Рашке

Категорије подложности бујичним поплавама	Површина (km ²)	Удео у укупној површини (%)
Слаба	230.96	25.21
Умерена	537.94	51.98
Висока	221.25	21.38
Врло висока	14.82	1.43
Укупно	1034.96	100.00

Класификовањем добијених вредности FFPI долази се до следећих резултата: класи врло високе подложности од укупних 1034 km² припада 14.82 km² што представља 1.43% укупне површине слива. Категорији високе подложности припада 221.25 km² односно 21.38% укупне површине слива. Највећи део слива припада категорији умерене подложности и обухвата површину од 537.94 km² односно у уделу укупне површине 51.98%, и категорији слабе подложности 230.96 km² односно 25.21% укупне површине слива (Табела 3).

Уколико се разматра чињеница да се услед пристуних климатских промена последњих година, кише излучују у виду интензивних пљускова кратког трајања и природне и антропогене предиспозиције слива Рашке, може се рећи да постоји угроженост високог степена у сливу. Позитивна ствар је то што велики део слива покрива густ вегетациони покривач са великим инфилтрационим капацитетом, па се као резултат јавља велики проценат (више од 50% слива) умерене угрожености, и то су терени који се налазе на падинама Рогозне и Голије.

Велики број аутора применио је поменути методу на територији Централне Србије. Међутим ако се упореде резултати са подацима који су добијени у сливу Ибра и Јошанице (Novković, 2018.; Dragičević, et al., 2019), они показују да је предиспонираност терена за слив Јошанице висока (48%) и средња (34,6%), док површине слива Ибра припадају категоријама ниске (47,75%), средње (39,73).

Основни недостатак FFPI методе јесте то што у свом прорачуну не сагледава ниједан климатски елемент. За потребе анализе у хидрологији бујичних токова најзначајнији климатски елемент јесу падавине, и то интензивне кише падавине. Према климатским пројекцијама, климатске промене ће узроковати пораст учесталости екстремних падавина, а посредно и пораст учесталости бујичних поплава. Како би се у даљим истраживањима унапредио метод, а сада боље разумели резултати, извршена је анализа падавина у сливу Рашке изнад 95 перцентила. Резултати показују да број дана са екстремним падавинама у сливу у послењих 70 година константно расте, и да се на основу тога могу извршити прогнозе за будућност. Комбинација FFPI и анализираних падавина у сливу говори о реалној угрожености слива од настанка бујичних поплава.

Праг, односно 95. перцентил у посматраном периоду за Нови Пазар износи 15,2 mm, а за Рашку 15,4 mm. И у Новом Пазару и Рашки број влажних дана је у порасту у периоду 1950-2020. У Новом Пазару број дана је у порасту за 0,04 дан/год ($\alpha = 0,01$). За Рашку је добијен тренд пораста од 0,06 дан/год ($\alpha = 0,05$).

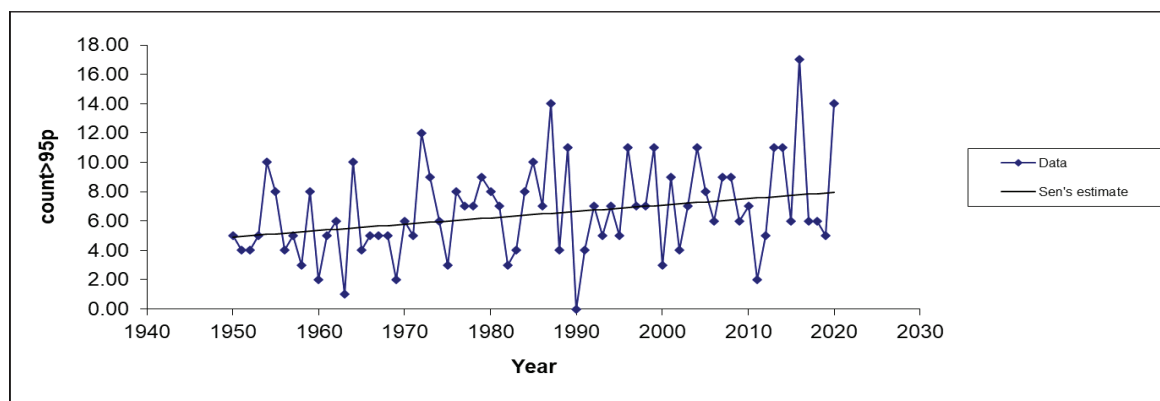


График 1. Тренд броја дана са количином падавина изнад 95. перцентила у Новом Пазару.

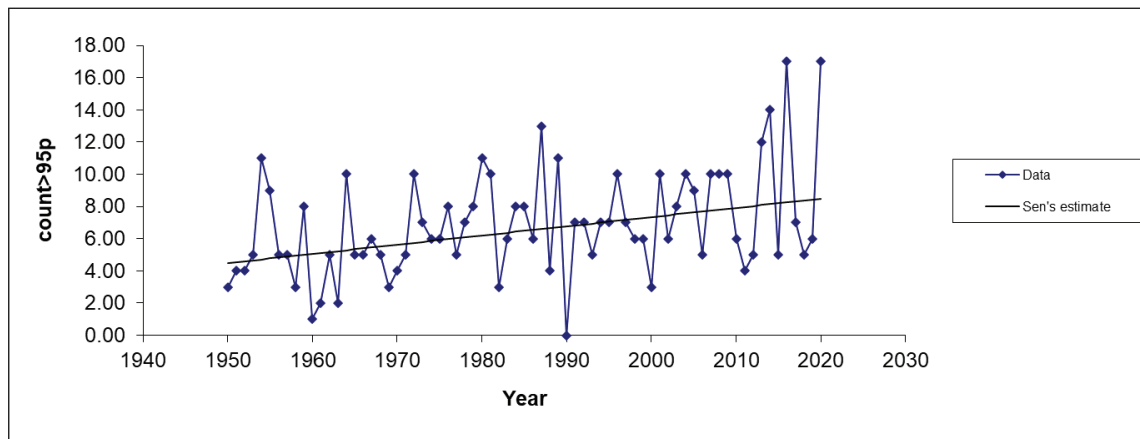


График 2. Тренд броја дана са количином падавина изнад 95. перцентила у Рашки.

ЗАКЉУЧАК

На основу спроведеног истраживања предиспонираности слива реке Рашке за настанак бујица, може се закључити да су преко је 50% површине слива класификовано у категорију средње угрожености од потенцијалних бујичних поплава. Употребом FFPI методе, идентификовано је да више од 23% површине слива припада високој и врло високој категорији угрожености. Интегрална регулација бујичних сливова је неопходна за спречавање бујичних поплава, што представља озбиљан изазов на територији слива реке Рашке. Редовно одржавање и чишћење корита од наноса и отпада, као и управљање пољопривредним површинама, могу значајно да допринесу смањењу ризика од бујичних поплава. Такође, пошумљавање терена и повећање еколошке свести локалног становништва на овој густој насељеној територији довело би до смањења удела површина под високом и врло високом подложношћу бујицама. Потребно је извршити додатна испитивања у угроженим деловима слива како би се утврдило и реализовале мере заштите, попут биолошких, биотехничких, техничких радова, контроле ерозије на пољопривредним парцелама и административне мере (Kostadinov i dr., 2019). Овакве информације су од кључног значаја за развој планова управљања водним ресурсима у сливу реке Рашке.

Без обзира на досадашња достигнућа хидролошких модела и метода за симулацију и предвиђање поплава, оне и даље остају изазовне јер се многи процеси морају симулирати са високом рачунарском ефикасношћу и сагелдавањем великог броја индикатора који утичу на настанак бујичних токова.

ЛИТЕРАТУРА

- Anđelković, G., Jovanović, S., Manojlović, S., Samardžić, I., Živković, L., Šabić, D., Gatarić, D. & Džinović, M. (2018). Extreme Precipitation Events in Serbia: Defining the Threshold Criteria for Emergency Preparedness. *Atmosphere*, 9 (5), 188.
- Anđelković, G., Samardžić, I. & Đukić, D. (2020). Research possibilities of extreme hydrological phenomena in Serbia in the function of climate change adaptation. Collection of paper - Faculty of Geography of University of Belgrade, 68, 5–21.
- Dragicevic, S., Filipovic, D., Kostadinov, S., Ristic, R., Novkovic, I., Zivkovic, N., Andjelkovic, G., Abolmasov, B., Secerov, V. & Djurdjic, S. (2011). Natural Hazard Assessment for Land-use Planning in Serbia. *International Journal of Environmental Research*, 5 (2), 371-380.
- Dragičević, S., Kostadinov, S., Novković, I., Momirović, N., Stefanović, T., Radović, M. & Jeličić, M. (2019). Bujične poplave kao faktor rizika za putnu mrežu u slivu Ibra. *Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine (Palić-Subotica)*, 261-266.
- Dragicević, S., Ristić, R., Živković, N., Kostadinov, S., Tošić, R., Novković, I., Borisavljević, A. & Radić, B. (2013). Floods in Serbia in 2010 – Case Study: The Kolubara and Pcinja River Basins. In: Loczy, D. (eds) *Geomorphological impacts of extreme weather*. Springer Geography. Springer, Dordrecht.
- Ducić, V. & Radovanović, M. (2005). *Klima Srbije*. Beograd: Zavod za udzbenike.
- Durlević, U. (2021). Assessment of torrential flood and landslide susceptibility of terrain: Case study - Mlava River Basin (Serbia). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 101 (1), 49–75.
- Durlević, U., Čegar, N., Ćurić, V. & Grbović, V. (2021). Gis application in analysis of natural conditions for the genesis of torrents in territory of LOEQ "Vlasina". The 5th Serbian congress of geographers – Innovative approach and perspectives of the applied geography. Collection of papers, 326–331.

- Eric, R., Kadović, R., Đurđević, V. & Đukić, V. (2021). Future changes in extreme precipitation in central Serbia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 69 (2), 196–208.
- Kendall, M.G. (1975). Rank correlation methods. Charles Griffin, London.
- Kovačević-Majkić, J., Panić, M., Miljanović, D., & Miletić, R. (2014). Vulnerability to natural disasters in Serbia: spatial and temporal comparison. *Natural Hazards*, 72(2), 945–968.
- Mann, H.B. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245–259.
- Marković, M., Lukić, S. & Baumgerte, A. (2021). Use of Flash Flood Potential Index (FFPI) method for assessing the risk of roads to the occurrence of torrential floods – part of the Danube basin and Pek river basin. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 11 (4), 543–553.
- Ministarstvo zaštite životne sredine (2022). Digitalni atlas klime i klimatskih promena Republike Srbije. Projekat „Unapređenje srednjoročnog i dugoročnog planiranja mera prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove u republici Srbiji“.
- Павловић, М. (2019). Географске регије Србије 2. Београд: Географски факултет, Универзитет у Београду.
- Petrovic, A., Manojlovic, S. & Kostadinov, S. (2021). How Extreme Were The Torrential Floods In Smaller Watersheds In Serbia In September 2014. *Academic Perspective Procedia*, 4 (2), 116–124.
- Petrović, A., Kostadinov, S. and Dragičević, S. (2014). The Inventory and Characterization of Torrential Flood Phenomenon in Serbia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (3), 823-830.
- Petrović, A.M., Kostadinov, S., Ristić, R., Novković, I. & Radevski, I. (2023). The reconstruction of the great 2020 torrential flood in Western Serbia. *Natural Hazards*, 118 (2), 1673–1688.
- Petrović, A.M., Novković, I. & Kostadinov, S. (2021). Hydrological analysis of the September 2014 torrential floods of the Danube tributaries in the Eastern Serbia. *Natural Hazards*, 108, 1373–1387.
- Petrović, M. A. (2015). Challenges of torrential flood risk management in Serbia. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"*, 65 (2), 131–143.
- Ristić, R., Polovina, S., Mālusević, I., Radić, B., Milčanović, V. & Ristić, M. (2017). Disaster risk reduction based on a GIS case study of the Čađavica river watershed. *South-East European Forestry*, 8 (2), 99–106.
- Stefanović, M., Gavrilović, Z. and Bajčetić, R. (2015). Local Communities and Challenges of Torrential Floods. *Organization for Security and Co-operation in Europe*.
- Unkašević, M. & Tošić, I., A statistical analysis of the daily precipitation over Serbia: trends and indices. *Theoretical and Applied Climatology*, 106 (1), 69–78.
- <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/Html/G20221350.html>. Последњи преглед 12.06.2024.
- https://rdvode.gov.rs/doc/ESMP_NP_Ra%C5%A1ka_SRP.pdf. Последњи преглед 11.06.2024.

ASSESSMENT OF THE SUSCEPTIBILITY OF THE RAŠKA RIVER BASIN TORRENTIAL FLOODS

Milica Dobrić⁴, Uroš Durlević⁵, Nina Čegar⁶

Abstract: According to the registered torrential floods and following consequences, torrential floods are the most frequent and the most devastating natural hazard in Serbia. Their occurrence, extent and duration can be potentially predicted using methods for terrain susceptibility. The geographical features of the research area are decisive for the occurrence and extent of flash floods. From the climate aspect, short-term high-intensity rainfall is the cause of torrential floods. According to climate projections, climate change will lead to an increase frequency of extreme precipitation, and therefore to an increase frequency of torrential floods. Previous studies have shown that the catchment areas south of the Sava and Danube rivers are highly susceptible to flash floods and that extreme precipitation has been increasing since the second half of the 20th century. The aim of this work is to assess the occurrence of floods using the Flash Flood Potential Index (FFPI) in the Raška river basin. Since the FFPI does not include climate parameters in the assessment, change in extreme precipitation were also analyzed. According to the obtained results of FFPI method, endangered areas for flood occurrence are divided into four classes. The Raška river basin includes one of the most densely populated municipalities in Serbia, Novi Pazar, which is often affected by flash floods. According to the Inventory, the first catastrophic flood was recorded in 1955. Therefore, the research results can be useful for decision-makers, emergency management services and the local population in the implementation of prevention and adaptation measures.

Keywords: torrential floods, FFPI, extreme precipitation, Raška river basin

⁴ University of Belgrade - Faculty of Geography, Studentski trg 3/III, Belgrade, Serbia, milica.dobric@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-6035-8835

⁵ University of Belgrade - Faculty of Geography, Studentski trg 3/III, Belgrade, Serbia, uros.durlevic@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0003-3497-5239

⁶ University of Belgrade - Faculty of Geography, Studentski trg 3/III, Belgrade, Serbia, nina.cegar@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0001-8486-5586