

UDK: 368.025.66:627.512(100)“1960/2020“

DOI: 10.5937/TokOsig2303367R

Dr Sanja V. Radovanović¹

Dr Nenad R. Mihailović²

Dr Željko M. Radovanović³

Ljubiša M. Veljković⁴

ANALIZA TENDENCIJE UČESTALOSTI POPLAVA U SVETU

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Apstrakt

U radu se polazi od hipoteze da poplave poslednjih nekoliko decenija beleže intenzivan rast učestalosti. Kako je analiza kretanja broja događaja prvi korak u procesu modeliranja rizika od poplava, sprovedeno je empirijsko istraživanje na osnovu podataka iz baze o prirodnim katastrofama Katoličkog univerziteta Luven u Belgiji. Na vremenskoj seriji – broj poplava u periodu od 1960. do 2022. godine u svetu, testiranjem statističkih hipoteza, primenom Man-Kendalovog testa, izvršena je provera slučajnosti u njenim varijacijama, odnosno utvrđivanje činjenice da li vremenska serija ima tendenciju. Testom je utvrđeno da je tendencija učestalosti poplava statistički značajna. Na osnovu mera reprezentativnosti tendencije, standardne greške i srednjeg prosečnog odstupanja, izabrana je eksponencijalna regresiona kriva uz koeficijent determinacije od 0,8807. Uz relativno visoku vrednost koeficijenta determinacije, model daje solidnu osnovu za predviđanje tih događaja u budućnosti, ali bi se svakako njegovim unapređivanjem to svojstvo moglo unaprediti

Ključne reči: osiguranje od poplava, katastrofalni vremenski događaji, poplave, funkcija tendencije učestalosti poplava

¹ Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija, sanja.radovanovic@vupos.edu.rs.

² Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija, nenad.mihailovic@vupos.edu.rs.

³ Akademija za nacionalnu bezbednost, zradovanovic@apml.gov.rs.

⁴ „Milenijum osiguranje“ a. d. o, Beograd, ljubisa.veljkovic@milenijum-osiguranje.rs

Rad je primljen: 19. septembra 2023.

Rad je prihvaćen: 28. septembra 2023.

I. Uvod

Poplave su svakako jedan od najrazornijih prirodnih katastrofalnih događaja i zbog teških ekonomsko-političkih posledica u fokusu su gotovo svih država, ali i najznačajnijih međunarodnih organizacija. Prema podacima Kancelarije Ujedinjenih nacija za smanjenje rizika od katastrofa (*UN Office for Disaster Risk Reduction*), u poslednjih dvadeset godina se od ukupnog broja katastrofalnih događaja 90% odnosilo na vremenske događaje hidrološke prirode, od čega su 44% poplave.⁵ Poplave mogu biti primorske, rečne, bujične i one uzrokovane pojavom leda u vodotoku. Izuzetno destruktivnim se smatraju bujične poplave, pogotovo ukoliko se u vidu ima kratak vremenski raspon između početka padavina i vrha poplavnog talasa. Najčešće su uzrokovane intenzivnim padavinama lokalnog karaktera, zbog čega je njihovo predviđanje znatno otežano. Poplave su najučestaliji događaj u prethodne dve decenije, a činjenica da su Kina i Indija zemlje najizloženije ovom riziku u ujedno i najmnogoljudnije čini ih najvećom pretnjom po imovinu i ljudske živote na području Azije. Ono što dodatno zabrinjava jesu rezultati istraživanja koje je sprovedeno u okviru Kancelarije Ujedinjenih nacija za smanjenje rizika od katastrofa, po kome je u periodu 2000–2019. godine broj poplava dva i po puta veći nego što je bio u periodu 1980–1999. godine.⁶

Pored rasta učestalosti katastrofalnih vremenskih događaja, utvrđen je i porast ekonomskih gubitaka koje oni prouzrokuju, pri čemu postoji velik jaz između stvarno nastalih šteta i onih pokrivenih osiguranjem.⁷ Kako bi osiguravači bili u stanju da ravnomerno rasporede rizik i pruže uslugu osiguranicima, moraju biti u stanju da valjano modeliraju osigurane rizike. Poplave su jedan od najskupljih prirodnih katastrofalnih događaja, što je slučaj i u Australiji.⁸ Rast učestalosti i višestruki negativni efekti razlozi su što za tu prirodnu opasnost naročito interesovanje iskazuju institucije Evropske unije. Naime, 2007. godine Evropski parlament je usvojio Direktivu o proceni i upravljanju rizicima od poplava (Direktiva 60/2007), koja u prvi plan ističe neophodnost izrade karata (mapa) rizika od poplava s procenama očekivanih šteta za različite scenarije. Pored ekstremnih događaja, čija je verovatnoća pojavljivanja mala, procene bi trebalo da sadrže i događaje srednje verovatnoće (period ponovnog pojavljivanja manji od sto godina). Događaji čija je verovatnoća pojavljivanja velika mogu ali i ne moraju biti obuhvaćeni ovim procenama.

⁵ UNISDR, *The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015*, 2015., str. 5, http://www.unisdr.org/2015/docs/climatechange/COP21_WeatherDisastersReport_2015_FINAL.pdf

⁶ UNDRR, *The Human Cost of Disasters-an overview of the last 20 years 2000/2019*, United Nations, 2020, str. 7. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210054478/read> (15.08.2023.)

⁷ Jelena Doganjić, Marija Paunović, „Upravljanje rizicima od prirodnih katastrofa“, *Tokovi osigaranja* 3/2021, Dunav osiguranje, str. 38.

⁸ Najdana N. Spasojević, „Uticaj klimatskih promena na osiguranje (katastrofalne poplave u Brizbejnu u Australiji)“, *Tokovi osigaranja* 2/2011, Dunav osiguranje, str. 26.

Procena rizika od poplava bi, prema odredbama Direktive, trebalo da sadrži:

1. karte vodnog područja odgovarajuće razmere, koje uključuju granice rečnih slivova i priobalnog područja, s detaljnim prikazom topografije, strukture i namene zemljišta;
2. pregled i opis do sada zabeleženih poplava, uključujući i analizu oticanja poplavnih voda, kao i procenu ukupne prouzrokovane štete;
3. opis najvećih do sada zabeleženih poplava, s posebnim akcentom na događaje koji bi se mogli ponoviti i imati velike štetne posledice;
4. procenu mogućih štetnih posledica budućih poplava, s posebnim akcentom na uzrocima kao što su topografija, položaj vodotoka, hidrološke i geomorfološke karakteristike, te efikasnosti postojeće infrastrukture za zaštitu položaja naseljenih i privrednih područja u odnosu na plavna područja, kao i klimatskih promena na intenzitet i učestalost poplava.⁹

Imajući u vidu da su obilne padavine najčešći uzročnik rečnih poplava, Direktivom je predviđeno da opseg poplava, dubina vode ili vodostaj, brzina toka ili protok vode budu obavezni elementi analize.¹⁰

Procena rizika, mapiranje i predviđanje poplava predmet su različitih naučnih disciplina i autora. Američka geofizička unija (American Geophysical Union) objavila je svakako jednu od najznačajnijih studija u kojoj je, pored analize upotrebljivosti i dostupnosti različitih nizova podataka, na sistematičan način prikazana analiza do sada primenjenih hidroloških modela predviđanja poplava, uključujući i predviđanja uslovljena klimatskim promenama.¹¹ Svetska meteorološka organizacija je 2011. godine pokrenula Inicijativu za predviđanje poplava i formirala Savetodavnu grupu čiji je cilj utvrđivanje smernica o osnovnim elementima budućih modela predviđanja poplava, ali i koordinacija raznih tela i inicijativa. Rastuća tendencija učestalosti poplava, ali i njihovog intenziteta, polazna su osnovu u kreiranju francuskog modela nadoknade šteta od ovih događaja.¹² Uticajem različitih vremenskih uslova na učestalost poplava bavila se grupa autora analizirajući ove fenomene na području Italije.¹³ Analizom tendencije u broju poplava na području SAD bavilo se više autora, pri čemu Kartrajt Loren ukazuje na to da se analizom šteta od poplava

⁹ Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks, *Official Journal of the European Union*, L 288, str. 189. <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060&from=EN>

¹⁰ Ibid.

¹¹ Guy J-P. Schumann, et al., *Global Flood Hazard: Applications in Modeling, Mapping, and Forecasting*, American Geophysical Union and Wiley, 2018.

¹² Flora Guillier, "French Insurance and Flood Risk: Assessing the Impact of Prevention Through the Rating of Action Programs for Flood Prevention", *International Journal of Disaster Risk Reduction* 8(2017), Springer, 2017.

¹³ Alessandro Messeri, Marco Marabito Gianni Messeri, Giada Brandini, Martina Petralli, Francesca Natali et al., "Weather-Related Flood and Landslide Damage: A Risk Index for Italian Regions", *PLoS ONE* 10(12): e0144468, 2015.

na regionalnom nivou stvaraju preduslovi za bolje razumevanje tendencije u SAD.¹⁴ Procena rizika od poplava i šteta koje pričinjavaju na primeru osiguranja useva i plodova tema je kojom su se bavili srpski autori.¹⁵

Analiza vremenske serije – broj poplava od 1960. do 2022. godine u svetu ključni je predmet ovog rada. Na osnovu empirijskih podataka o broju poplava u svetu preuzetih iz baze podataka EM-DAT, biće testirane statističke hipoteze o postojanju tendencije njihove učestalosti, što je hipoteza koju je iznelo više autora, ali bez njenog empirijskog potvrđivanja. Pored sagledavanja osnovnih karakteristika serije, biće modelirana funkcija tendencije, kao prvi polazni korak u budućem predviđanju broja poplava, što je cilj predmetnog istraživanja. Rad će pružiti uputstva i iz praktičnog aspekta, jer će poslužiti osiguravačima kao osnova za adekvatnije sagledavanje i modeliranje rizika od poplava.

II. Metodologija istraživanja i polazne pretpostavke

Polazeći od statističke definicije rizika i modela koji je razvio Furnijer Dalb (Fournier d'Albe), Kancelarija Ujedinjenih nacija za smanjenje rizika od katastrofa je, devedesetih godina, definisala koncept rizika od prirodnih katastrofa, koji još uvek predstavlja referentnu tačku svih savremenih modela. Rizik od prirodnih katastrofa, prema pomenutom modelu, determinišu hazard, izloženost i ranjivost i definisan je kao:

$$R_k = (E)(R_s) = (E)(X.V), \quad (1)$$

a za različite elemente pod rizikom kao:

$$R_k = \sum(E)(R_s) = (E)(X.V), \quad (2)$$

R_k – rizik od prirodnih katastrofa,
(E) – element pod rizikom,
 R_s – specifični rizik,
X – prirodni hazard,
V – ranjivost.¹⁶

Prirodni hazard označava verovatnoću pojavljivanja potencijalno štetnog prirodnog fenomena na određenom prostoru u definisanom periodu, dok ranjivost

¹⁴ Lauren Cartwright, "An Examination of Flood Damage Data Trends in the United States", *Journal Of Contemporary Water Research & Education*, Issue 130, 2005.

¹⁵ Boban Gajić, Ivan Radojković, „Metodologija procene šteta u osiguranju biljne proizvodnje“, *Tokovi osigaranja 2/2019*, Dunav osiguranje, 2019.

¹⁶ UNDR0, *Mitigating Natural Disasters (Phenomena, Effects and Options)*, United Nations, 1991., str. 91.

odražava potencijalni stepen štete na nekom od elemenata pod rizikom i kreće se u rasponu od 0 do 1. Element pod rizikom označava stanovništvo, objekte, infrastrukturu i ekonomsku aktivnost koji su izloženi riziku od prirodnih katastrofa u određenoj geografskoj oblasti. Rizik od prirodnih katastrofa predstavlja očekivanu vrednost ukupnih šteta u određenoj oblasti, dok je specifični rizik očekivana vrednost štete nad određenom vrstom elemenata pod rizikom.

Da bi se određena prirodna pojava smatrala hazardom, mora imati potencijalno negativno dejstvo na društvo, te se u pomenutom modelu pod prirodnim hazardom podrazumevaju „geofizički, atmosferski i hidrološki događaji koji imaju potencijal da uzrokuju štetu na imovini i gubitak života“. Na osnovu prethodne definicije hazarda, uočava se međusobna pojmovna uslovljenost hazarda i elemenata pod rizikom, tako da bez elemenata pod rizikom nema hazarda i obrnuto.¹⁷

Modeliranje katastrofalnih vremenskih rizika kompleksan je proces, čiji uspeh prevashodno zavisi od dostupnosti i kvaliteta kvantitativnih i kvalitativnih inputa, koji na najbolji način reflektuju obeležja prirodne pojave.¹⁸ Pri proceni i eventualnom modeliranju direktnih šteta prouzrokovanih katastrofalnim vremenskim događajima, jedan od realnih problema predstavlja činjenica da su podaci o štetama uglavnom nedostupni, pogotovo u slabo razvijenim zemljama. U EM-DAT, trenutno najkompletnijoj bazi podataka o direktnim štetama prouzrokovanim prirodnim katastrofama, ne postoje podaci o štetama kod 63% registrovanih događaja, dok u zemljama s niskim nivoom bruto društvenog proizvoda nedostaju podaci o štetama kod 83% registrovanih događaja. Takođe, treba imati u vidu činjenicu da su u Okeaniji dostupni podaci kod 51%, a u Africi za samo 14% registrovanih događaja.¹⁹

Pored procene rizika, katastrofalni modeli koriste se i prilikom unapređenja strateških dokumenata upravljanja vremenskim rizicima. Modeli se kreiraju na osnovu frekvencije pojavljivanja nekog događaja, vremena i intenziteta pojave i prouzrokovanih šteta, a u cilju predviđanja verovatnoće pojave događaja u budućnosti.

Poplave poslednjih nekoliko decenija beleže rast učestalosti, kao što je istaknuto u uvodnom delu rada. Analiza kretanja broja takvih događaja prvi je analitički korak u procesu sagledavanja i modeliranja ovih rizika, pogotovo ukoliko se u vidu ima nedostatak podataka o ostvarenim štetama. Za potrebe empirijskog istraživanja je na osnovu baze podataka o prirodnim katastrofama Katoličkog univerziteta Luven

¹⁷ Stefan Hochrainer, *Macroeconomic Risk Management Against Natural Disasters*, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006., str. 15.

¹⁸ Patricia Grossi, Howard Kunreuther, Don Windeler, „An Introduction to Catastrophe Models and Insurance“, in Patricia Grossi, Howard Kunreuther, 2005., *Catastrophe modeling: a new approach to managing risk*, Springer, 2005.

¹⁹ UNISDR, *Economic Losses, Poverty and Disasters 1998-2017*, 2017., str. 3. https://www.unisdr.org/2016/iddr/CRED_Economic%20Losses_10oct_final.pdf (5. 9. 2023.)

formirana vremenska serija – broj poplava od 1960. do 2022. godine u svetu.²⁰ Najpre će biti analizirane osnovne karakteristike vremenske serija, nakon čega će biti izvršena provera slučajnosti u varijacijama, odnosno utvrđivanje činjenice da li vremenska serija imaju tendenciju. U cilju testiranja hipoteza o postojanju tendencije koristiće se Man-Kendalov test. Pomenuti neparametarski test se bazira na rangiranju članova u vremenskoj seriji, pri čemu se poredbe podaci kako slede u vremenu, po formuli:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_j - X_k) \quad (3)$$

gde je

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & \text{ako } x > 0 \\ 0 & \text{ako } x = 0 \\ -1 & \text{ako } x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Matematičko očekivanje testa jednako je nuli, dok je varijanca

$$\sigma^2 = \frac{\{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5)\}}{18} \quad (5)$$

Statistika S je približno normalno raspodeljena i sledeća transformacija je primenjiva:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma} & \text{ako je } S > 0 \\ 0 & \text{ako je } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma} & \text{ako je } S < 0 \end{cases}$$

pri čemu je Z standardizovano normalno raspoređena.

Na osnovu mera reprezentativnosti tendencije, standardne greške i srednjeg prosečnog odstupanja, izvršiće se izbor odgovarajućeg modela, nakon čega će biti izvršena ocena parametara modela.²¹

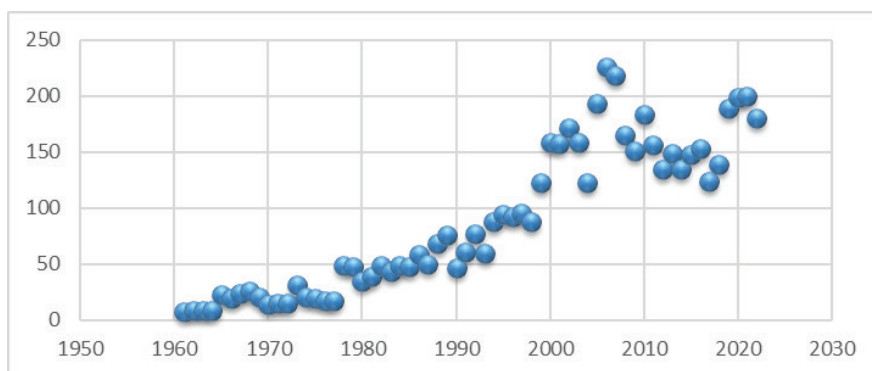
III. Rezultati i diskusija

Na Grafikonu 1 dat je prikaz, dok je u Tabeli 1 predstavljena osnovna statistika vremenske serije.

²⁰ EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database – www.emdat.be – Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium, File creation: Tue, 07 Feb 2023 11:16:49 CET.

²¹ Za potrebe izračunavanja koristiće se programi XLSTAT i SPSS.

Grafikon 1. Broj poplava od 1960. do 2022. godine u svetu



Izvor: Na osnovu podataka iz baze podataka EM-DAT (2023.)

Kao što se može videti na Grafikonu 1, broj poplava ima rastuću tendenciju koja je naročito izrazita u periodu od 1999. do 2010. godine, kada je udvostručena. Najveći broj poplava zabeležen je 2006. godine. Te godine su zabeležene poplave u svim delovima sveta, a one naročito razorne pogodile su Severnu Ameriku, Filipine, centralnu i istočnu Evropu.

Tabela 1. Osnovna statistika vremenske serije

Statistika	Broj poplava
Broj posmatranja	62
Minimum	7,000
Maksimum	226,000
1. Kvartil	27,250
Medijana	72,000
3. Kvartil	150,500
Srednja vrednost	89,177
Varijanca (n-1)	4366,476
Standardna devijacija (n-1)	66,079

Izvor: Izračunato na osnovu podataka iz baze podataka EM-DAT (2023.)

Definisaćemo nultu i alternativnu hipotezu:

Ho: Tendencija poplava ne postoji, odnosno ispoljene varijacije vremenske serije su samo slučajne

Ha: Tendencija poplava je statistički značajna, odnosno ispoljene varijacije vremenske serije nisu samo slučajne

Primenom Man-Kendalovog testa dobijamo sledeće rezultate:

Tabela 2. Rezultati Man-Kendalovog testa

Kendalov rep	0,776
S	1463
Var(S)	27091,667
p-vrednost (dvostrana)	<0,0001
alfa	0,05

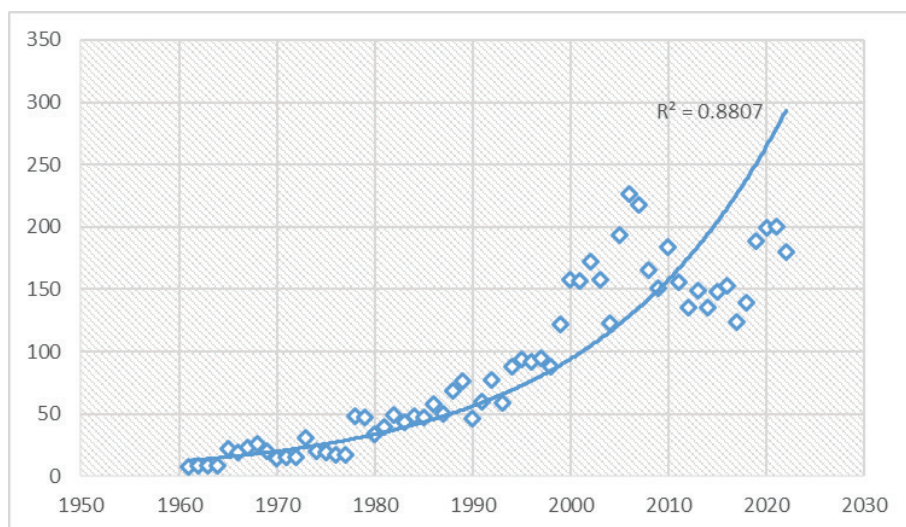
Izvor: Izračunato na osnovu podataka iz baze podataka EM-DAT (2023.)

Kako je izračunata p-vrednost manja od nivoa značajnosti alfa, odbacujemo nultu hipotezu i prihvatamo alternativnu, to jest da je tendencija poplava statistički značajna i da ispoljene varijacije vremenske serije nisu samo slučajne.

Na osnovu vrednosti koeficijenta determinacije i standardne greške tendencije, izračunato je i srednje apsolutno odstupanje koje ima najmanju vrednost u slučaju eksponencijalne funkcije. Na osnovu ocene parametara, dobijamo funkciju tendencije broja poplava:

$$Y=11,883e^{0,0517x} \quad (6)$$

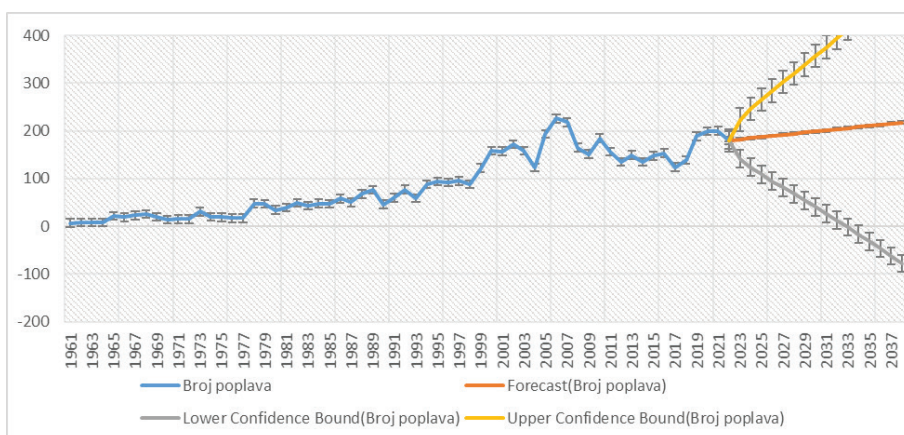
Grafikon 2. Funkcija tendencije broja poplava u svetu



Izvor: Izračunato na osnovu podataka iz baze podataka EM-DAT (2023.)

Na osnovu izračunate regresione krive, moguće je izvršiti predviđanje broja poplava u budućnosti. Predviđanje je urađeno pomoću SPSS alata *Forecasting* i to uz upotrebu *Expert Modeler* i *Exponential smoothing*. Rezultati su prikazani na Grafikonu 3 i u Tabeli 3.

Grafikon 3. Predviđanje broja poplava do 2032. godine



Izvor: sopstveni proračun

Tabela 3. Predviđanje broja poplava do 2032. godine

Model		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Poplave Model_1	Procena	185	186	186	187	188	188	189	189	190	191
	UCL	243	260	274	287	299	309	320	330	339	348
	LCL	133	121	112	104	97	91	86	81	76	72

Izvor: sopstveni proračun

Može se reći da je nivo značajnosti od 0,003 za ponuđeni model prihvatljiv, međutim, kako je on manji od 0,05, može se zaključiti da u samom modelu postoji mesta za unapređenje.

IV. Zaključak

U poslednje dve decenije, od ukupnog broja katastrofalnih događaja, najveći broj njih odnosio se na vremenske događaje hidrološke prirode, prouzrokovane pojavom, kretanjem i naletima površinskih i potpovršinskih slatkih i slanih voda. Kako, trenutno, ne postoji univerzalni i opšteprihvaćeni metodološki okvir merenja svih

efekata poplava, većina zemalja ne sprovodi njihovo kvantifikovanje na sistematičan i konzistentan način, što značajno otežava njihovo modeliranje i predviđanje. Pored sublimiranja dosadašnjih napisa o karakteristikama rizika od poplava, u radu je na bazi empirijskih podataka sprovedeno istraživanje o osnovnim karakteristikama ovog fenomena.

Najpre su na osnovu podataka prikupljenih iz EM-DAT baze podataka Centra za epidemiologiju katastrofa Katoličkog univerziteta Luven analizirani podaci o srednjim vrednostima, minimumu, maksimumu, modusu i medijani broja poplava u svetu u periodu od 1960. do 2022. godine. Utvrđeno je da je maksimalna vrednost od 226 poplava zabeležena 2006. godine, a da je broj poplava u toj deceniji više od dva puta veći nego što je bio u deceniji koja joj je prethodila. Činjenica da je najniži broj poplava zabeležen u prvim godinama merenja ukazuje na manjkavosti u njihovom evidentiranju i analiziranju njihovih efekata. Svakako je nedostatak podataka jedna od osnovnih prepreka za adekvatno modeliranje katastrofalnih vremenskih događaja uključujući i poplave. Utvrđeno je da u EM-DAT bazi podataka, trenutno najkompletnijoj bazi podataka o direktnim štetama prouzrokovanim prirodnim katastrofama, ne postoje podaci o štetama kod 63% registrovanih događaja, dok u zemljama s niskim nivoom bruto društvenog proizvoda nedostaju podaci o štetama kod 83% registrovanih događaja.

Na osnovu formirane vremenske serije, najpre je primenom Man-Kendalovog testa potvrđeno prisustvo tendencije u broju poplava. Sa koeficijentom determinacije od 0.8807 za modeliranje regresione linije, izabrana je eksponencijalna funkcija. Model daje solidnu osnovu za prognozu, ali kako je nivo značajnosti od 0.003 manji od 0.05, sam model je moguće dodatno unaprediti.

Literatura

- Cartwright L., "An Examination of Flood Damage Data Trends in the United States", *Journal Of Contemporary Water Research & Education*, Issue 130, 2005.
- Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks, *Official Journal of the European Union*, L 288.
- Doganjić J., Paunović M., "Upravljanje rizicima od prirodnih katastrofa", *Tokovi osigaranja* 3/2021, Dunav osiguranje, 2021.
- Gajić B., Radojković I., "Metodologija procene šteta u osiguranju biljne proizvodnje", *Tokovi osigaranja* 2/2019, Dunav osiguranje, 2019.
- EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database – www.emdat.be – Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium, File creation: Tue, 07 Feb 2023 11:16:49 CET.

- Grossi P., Kunreuther H., Windeler D., "An Introduction to Catastrophe Models and Insurance", in Patricia Grossi, Howard Kunreuther, 2005., *Catastrophe modeling: a new approach to managing risk*, Springer, 2005.
- Guillier F., "French Insurance and Flood Risk: Assessing the Impact of Prevention Through the Rating of Action Programs for Flood Prevention", *International Journal of Disaster Risk Reduction* 8(2017), Springer, 2017.
- Hochrainer S., *Macroeconomic Risk Management Against Natural Disasters*, Deutscher Universitats-Verlag, 2006.
- Messeri A., Morabito M., Messeri G., Brandani G., Petralli M., Natali F., et al, "Weather-Related Flood and Landslide Damage: A Risk Index for Italian Regions", *PLoS ONE* 10(12): e0144468, 2015.
- Schumann G. J-P., et al., *Global Flood Hazard: Applications in Modeling, Mapping, and Forecasting*, American Geophysical Union and Wiley, 2018.
- Spasojević N. N., "Uticaj klimatskih promena na osiguranje (katastrofalne poplave u Brizbejnu u Australiji)", *Tokovi osigaranja* 2/2011, Dunav osiguranje.
- UNDRO, *Mitigating Natural Disasters (Phenomena, Effects and Options)*, United Nations, 1991.
- UNDRR, *The Human Cost of Disasters-an overview of the last 20 years 2000/2019*, United Nations, 2020. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210054478/read> (15.08.2023.)
- UNISDR, *The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015*, United Nations, 2015., http://www.unisdr.org/2015/docs/climatechange/COP21_WeatherDisastersReport_2015_FINAL.pdf
- UNISDR, *Economic Losses, Poverty and Disasters 1998-2017*, United Nations 2017., https://www.unisdr.org/2016/iddr/CRED_Economic%20Losses_10oct_final.pdf (05.09.2023.)