

KLIMATSKE PROMENE I RIZIK OD POPLAVA CLIMATE CHANGES AND FLOOD RISK

Jelena Andreja Radaković¹, Dragana Makajić-Nikolić²,
Nataša Petrović³

¹Fakultet organizacionih nauka,
jelenaandreja.radakovic@fon.bg.ac.rs

²Fakultet organizacionih nauka,
dragana.makajic-nikolic@fon.bg.ac.rs

³Fakultet organizacionih nauka,
natasa.petrovic@fon.bg.ac.rs

Apstrakt: Klimatske promene predstavljaju nažalost neminovnu pretnju daljem razvoju čovečanstva. Njihov negativan uticaj se sve više ogleda i u povećanju učestalosti prirodnih katastrofa. Među ovim katastrofama se posebno izdvajaju poplave imajući u vidu da u svetu utiču na živote milione ljudi uz dodatne ogromne ekonomske gubitke. Iz ovih razloga autori rada posebnu pažnju usmeravaju na sve prisutnije studije naučnika širom sveta koje govore u prilog tome da će nažalost trend rizika od poplava koje su sve prisutnije, nastaviti da raste u budućnosti, pri čemu je ovaj trend u direktnoj vezi sa klimatskim promenama imajući u vidu njihov uticaj na vremenske promene koje dovode do direktnog uticaja na vode i cikluse njihovog kruženja.

Ključne reči: Klimatske promene, poplave, prirodne katastrofe, rizik od poplava.

Abstract: Unfortunately, climate change poses an inevitable threat to the further development of humanity. Their negative impact is increasingly reflected in the increasing frequency of natural disasters. Among these catastrophes, floods stand out, bearing in mind that they affect the lives of millions of people in the world, with additional huge economic losses. For these reasons, the authors pay special attention to the increasingly present studies of scientists around the world, which show that, unfortunately, the trend of flood risks, which are increasingly present, will continue to grow in the future, with this trend directly related to climate change. in view of their

impact on weather changes that lead to a direct impact on waters and the cycles of their circulation.

Key words: *Climate changes, floods, natural disasters, flood risk.*

1. UVOD

Dinamičan i ubrzan razvoj civilizacije doveo je i do izraženih posledičnih negativnih uticaja na životnu sredinu i kvalitet života koji je povezan sa stanjem globalnog ekosistema planete Zemlje. Tako je savremeno društvo, sa svim svojim zajednicama i pojedincima izloženo brojnim ekološkim problemima koji po svom intenzitetu mogu da dovedu do nesagledivih i nepovratnih posledica po čovečanstvo (Maluf, 2009).

Među njima se po svojoj aktuelnosti, globalnom karakteru i posledicama posebno ističu klimatske promene i posledično globalno zagrevanje kao rezultat prekomernih emisija klima gasova u atmosferu koje su posledice ljudskih aktivnosti. Klimatske promene predstavljaju globalni fenomen sa širokim obimom potencijalnih uticaja koje predstavljaju ozbiljne pretnje za ljudske živote te se zato se ubrajaju u glavne ekološke probleme današnjeg doba (Gran Castro & Ramos De Robles, 2019). Sa ovim problemima suočavaju se kako sadašnje tako i buduće generacije, a njihovi nesagledivi uticaji preoblikuje naše razumevanje i poimanje razvoja dovodeći problem klimatskih promena direktno u vezu sa održivošću (Petrović, Stanojević, Radaković, & Čirović, 2020; Radaković, Petrović, Milenković, Stanojević, & Đoković, 2017). Iz ovih razloga klimatske promene predstavljaju najveći globalni izazov današnjice utičući na politike širom sveta da za svoje ciljeve imaju smanjenje njihovih negativnih uticaja (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2018).

Dodatno, klimatske promene koje uzrokuju mnoštvo regionalnih vremenskih promena, uzrokuju i mnoge koje se direktno odnose na vode i ciklus njihovog kruženja (McElwee, Nghiem, Le, & Vu, 2017). Tako se povećanje učestalosti poplava, posebno onih katastrofalnih razmera direktno vezuje za klimatske promene. Nažalost, sa velikom verovatnoćom može se tvrditi da će se čovečanstvo i u budućnosti suočavati sa sve većim rizikom od poplava o čemu svedoče i one koje su se desile relativno nedavno u julu 2021. godine u Evropi zahvativši Veliku Britaniju, Holandiju, Austriju, Hrvatsku, Češku republiku, Francusku, Italiju, Luksemburg, Rumuniju i Švajcarsku sa posebno katastrofalnim posledicama u Nemačkoj i Belgiji. U isto vreme u julu i avgustu ove godine poplave su zadesile Tursku, Kinu, Indiju, Avganistan, Pakistan, Sjedinjene Američke Države i Novi Zeland.

2. KLIMATSKE PROMENE

Klimatske promene predstavljaju uzročnike niza negativnih promena koje prete celokupnom životu globalnog ekosistema planete utičući na:

- Povećanje migracija stanovništva (Berchin, Valduga, Garcia, & de Andrade Guerra, 2017; McNamara & Gibson, 2009);
- Učestalost ekstremnih vremenskih nepogoda (Ceballos, Ehrlich, & Dirzo, 2017);

- Šesto masovno izumiranje vrsta (Slaughter, 2012);
- Vršenje pritiska na ekološke, ekonomske i društvene sisteme u simbiotskom odnosu (Berchin & de Andrade, 2020).

Klimatske promene predstavljaju promene klime koje nastaju usled varijacija u sunčanoj radijaciji i orbiti planete i cirkulisanju okeana, ali takođe na njih deluju ljudske aktivnosti kao što su npr. deforestacija i porast emisija gasova staklene bašte emitovanih sagorevanjem fosilnih goriva (Bedsworth, 2008; Bi & Parton, 2008; Ebi, 2009).

U Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC) u Članu 1 klimatske promene se definišu kao one promene klime čiji je direktni ili indirektni uzročnik čovek odnosno ljudske aktivnosti, a koje se pored prirodnih promena klime primećuju i beleže tokom dužeg vremenskog perioda (United Nations [UN], 1992).

Glavne karakteristike klimatskih promena ogledaju se u (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2021):

- porastu prosečne temperature (globalno zagrevanje);
- promenama u oblačnosti i posebno padavinama iznad zemlje;
- topljenju lednika i smanjivanju snežnog omotača;
- porastu temperature i kiselosti okeana usled čega morska voda apsorbuje toplotu i ugljen-dioksid iz atmosfere.

Kada je u pitanju naša zemlja, Republički hidrometeorološki zavod Srbije (RHMZ) (2021) je zadužen u Republici Srbiji kao institucija koja se bavi monitoringom i istraživanjem klime i klimatskih promena, te učestvuje u radu Međuvladinog panela za promenu klime (*Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC).

3. POPLAVE

U poslednjih 50 godina razvoja čovečanstva, hazardi koji su prouzrokovani vodama dominiraju u katastrofama koje se ogledaju kako u ljudskim žrtvama, tako i ekonomskoj šteti. Poplave spadaju u sam vrh deset najgorih vrsta katastrofa zauzimajući nezavidno treće mesto imajući u vidu broj od čak 58,700 gubitaka ljudskih života od 1970 do 2019. godine (World Meteorological Organization [WMO], 2021b). Poplave su u samo u Evropi u prošlih 50 godina nanele ekonomske gubitke od 377.5 milijardi US\$. U Nemačkoj ova šteta je iznosila 16.48 milijardi US\$ 2002. godine, predstavljajući tako „najskuplju“ katastrofu koja je zadesila ovu zemlju u periodu između 1970. i 2019. godine (WMO, 2021a).

Poplave su prirodne katastrofe koje predstavljaju velike štetne događaje prouzrokovane prirodnim procesima na planeti Zemlji. Takođe za prirodne katastrofe se može reći da su „iznenadan i užasan događaj u prirodi (kao što su uragani, tornada ili poplave) koji obično rezultira ozbiljnom štetom i mnogim smrtnim slučajevima” (Merriam Webster, 2021).

Poplave su hidrološke katastrofe i najčešće prirodne katastrofe koje pogađaju ljude i njihovo okruženje (Hewitt, 1997), utičući na društvenu i ekonomsku stabilnost pogođene regije i zemlje. Smatra se da poplave predstavljaju najrazornije prirodne katastrofe (Sarmiento & Miller, 2006). Razlog leži u činjenici da je neizbežnost poplava prikazana u vremenu, plimi i oseki, hidrološkim ciklusima - beskrajinim, prirodnim ciklusima stabilizacije u kojima voda prelazi iz okeana do atmosfere, od atmosfere do zemljišta, do podzemnih voda i nazad do okeana, odnosno do neminovnosti rasta i opadanja reka i ostalih voda. Treba naglasiti da su na poplave najosetljiviji regioni Azije i Pacifika.

Do poplava dolazi kada reke ili potoci probiju njihove prirodne ili veštačke obale usled obilnih padavina, topljenja snega, otkaza brana, bujanja podzemnih voda itd. Poplave se po svojoj vrsti, dele na prirodne poplave i poplave nastale usled delovanja čoveka, ali takođe mogu kao katastrofe biti i hibridne (Makajić-Nikolić, 2020). Dalja podela poplava je na:

- Rečne poplave koje nastaju kao posledica obilnih kiša ili topljenja snega;
- Bujične poplave prouzrokovane obilnim padavinama, topljenjem leda klizištima ili zemljotresima;
- Obalne i plimne poplave čiji su uzroci plima i vetrovi.

Ove vrste poplava nastaju usled prirodnih pojava, ali i uticaja ljudskih aktivnosti kao što su krčenje šuma, menadžment zemljišta, industrijski razvoj, urbanizacija, poljoprivreda, regulacija reka.

Kada je u pitanju Republika Srbija, treba istaći da njenu ranjivost na negativne uticaje poplava koje učestvuju sa čak 55% u svim prirodnim katastrofama (Sekulić, Dimović, Kalman-Kranjski-Jović, & Todorović, 2012), pri čemu treba nagasiti posebno bujične poplave koje spadaju u najčešće elementarne nepogode u našoj zemlji (Ristić et al., 2012), dok verovatnoća njihovih dešavanja, kao i „intenzitet i rasprostranjenost čine ih stalnom pretnjom sa posledicama u ekološkoj, ekonomskoj i socijalnoj sferi” (Đorđević, Ristić, Ratknić, & Mijatović, 2020). Kada su u pitanju poplave u Republici Srbiji moraju se pomenuti katastrofalne poplave iz proleća 2014. godine nastale usled obilnih padavina, kada je palo više 200mm rekordnih padavina na teritoriji zapadne Srbije u toku samo nedelju dana. Najveći deo ovih padavina se koncentrisao u slivu reke Save što je izazvalo poplave i u njenim pritokama. Usled naglog plavljenja, porasta nivoa vode i pojave klizišta, ove poplave su (Radaković, Drašković, Makajić-Nikolić, & Petrović, 2021; United Nations Serbia, 2014):

- Uticale na 1.600.000 građana;
- Zahvatile 38 mesta centralne i zapadne Srbije;
- Izazvale evakuaciju 32.000 ljudi (25.000 samo iz Obrenovca);
- Pogibiju 51 osobe, od kojih su se 23 osobe udavile;
- Uništile vrednost dobara u 24 opštine u iznosu od 885.000.000 evra;
- Nanele ukupnu štetu od 1.525 milijardi evra (oko 3% BDP-a Republike Srbije).

4. UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA POVEĆANJE RIZIKA OD POPLAVA

Uticaj klimatskih promena na evoluciju hidroloških ciklusa predstavlja jedan od glavnih izazova kada je u pitanju upravljanje vodnim resursima (Camici, Brocca, Melone, & Moramarco, 2014). Ovo je posebno značajno jer je evidentno da klimatske promene imaju ozbiljne uticaje na intenzitet i frekvenciju poplava u mnogim regionima sveta (IPPC 2007).

Iz ovih razloga Evropska direktiva 2007/60/CE (*European Directive 2007/60/CE*) ukazuje na potrebu za razmatranje efekata klimatskih promena na pojavu i njihov štetni uticaj (European Parliament and the Council of the European Union, 2007). Nažalost, očekuje se trend rasta rizika od nastanka poplava zbog promena koje nastaju u upotrebi zemljišta, društveno-ekonomskih faktora, te ustanovljenog uticaja klimatskih promena prouzrokovanih porastom antropogenih emisija klima gasova (Winsemius et al., 2015).

Globalno zagrevanje kao posledica klimatskih promena dovešće do promena u obrascima padavina i njihovim ekstremima, te stoga predstavljati jedan od glavnih uzročnika nastanka rizika od poplava u budućnosti. Iz ovih razloga uticaj promena temperature na padavine predstavlja predmet istraživanja naučnika širom sveta, i to posebno u poslednjoj deceniji u kojoj se brojne studije bave razumevanjem mehanizama uticaja zagrevanja atmosfere na promene u distribuciji padavina koje dovode do povećanog rizika od poplava (npr. Allan, 2011; Camici et al., 2014; Haerter et al., 2010; O’Gorman & Schneider, 2009). Glavni zaključak ovih studija je da projektovani uticaji klimatskih promena na nastanak poplava su od velikog značaja, ali i da zavise od predviđenih klimatskih scenarija (Arnell & Gosling, 2016).

U ovim istraživanjima treba posebno istaći rezultate autora Pfahl, O’Gorman i Fischer (2017) koji su dokazali kako prisustvo promena temperature utiče na pojavu ekstremnih padavina tokom XXI veka. Njihov klimatski model pokazao je projekciju opšteg povećanja intenziteta padavina kako u kontinentalnim, tako i u globalnim prostornim razmerama, a koje je prouzrokovano povećanjem vlage u atmosferi usled globalnog zagrevanja klime, kao i temperaturnim anomalijama nastalim usled ekstremnih vremenskih prilika prouzrokovanih klimatskim promenama.

5. ZAKLJUČAK

Evidentna je široko rasprostranjena zabrinutost da klimatske promene sa svojim rezultujućim ekstremnim vremenskim događajima mogu da ozbiljno ugroze ili čak onemoguće dalji razvoj pojedinih regiona planete Zemlje koji su posebno ranjivi na klimatske promene.

Ovo je posebno izraženo kada su u pitanju posledične prirodne katastrofe i elementarne nepogode među kojima se posebno izdvajaju poplave koje imaju udeo od 43% u ukupnim prirodnim katastrofama u svetu, a u Republici Srbiji predstavljaju najzatupljeniju elementarnu nepogodu (Radaković et al., 2021; United Nations

International Strategy for Disaster Reduction [UNISDR], 2015). Dodatno, ovome treba dodati činjenicu da je globalna populacija stanovništva u stanju povećanog rizika od poplava imajući u vidu da 10% svetske populacije živi u područjima podložnim poplavama (Arnell & Lloyd-Hughes, 2014).

Iz ovih razloga usmerena je neophodna pažnja na planove upravljanja poplavama kao što je to slučaj u Evropskoj direktivi 2007/60/CE sa isticanjem neophodnosti razmatranja posledičnih štetnih uticaja poplava, kao i potrebnih mera za smanjenje izloženosti i ranjivosti na poplave uz neophodno poboljšanje upravljanja rizikom od poplava.

LITERATURA

- [1] Allan, R. P. (2011). Human influence on rainfall. *Nature*, 470(7334), 344-345.
- [2] Arnell, N. W., & Gosling, S. N. (2016). The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 134(3), 387-401.
- [3] Arnell, N. W., & Lloyd-Hughes, B. (2014). The global-scale impacts of climate change on water resources and flooding under new climate and socio-economic scenarios. *Climatic change*, 122(1), 127-140.
- [4] Bedsworth, L. (2008). Climate Change and California's Local Public Health Agencies. Public Policy Institute of California.
- [5] Berchin, I. I., & de Andrade, J. B. S. O. (2020). GAIA 3.0: Effects of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) outbreak on sustainable development and future perspectives. *Research in Globalization*, 2, 100014.
- [6] Berchin, I. I., Valduga, I. B., Garcia, J., & de Andrade Guerra, J. B. S. O. (2017). Climate change and forced migrations: An effort towards recognizing climate refugees. *Geoforum*, 84, 147-150.
- [7] Bi, P., & Parton, K. A. (2008). Effect of climate change on Australian rural and remote regions: What do we know and what do we need to know?. *Australian Journal of Rural Health*, 16(1), 2-4.
- [8] Camici, S., Brocca, L., Melone, F., & Moramarco, T. (2014). Impact of climate change on flood frequency using different climate models and downscaling approaches. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(8), 04014002.
- [9] Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017 July 25). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(30) (pp. E6089-E6096).
- [10] Đorđević, G., Ristić, R., Ratknić, M., & Mijatović, A. [2020]. Risk of torrential floods focusing on analysis of torrential floods in the Branicevo district from 2015 to 2018. *Bezbednost, Beograd*, 62(3), 5-21.
- [11] Ebi, K. L. (2009). Facilitating climate justice through community-based adaptation in the health sector. *Environmental Justice*, 2(4), 191-195.
- [12] European Parliament and the Council of the European Union (2007). Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks. *Official Journal of the European Union*, L 288/27, Brussels, Belgium.

- [13] Gran Castro, J. A., & Ramos De Robles, S. L. (2019). Climate change and flood risk: vulnerability assessment in an urban poor community in Mexico. *Environment and urbanization*, 31(1), 75-92.
- [14] Haerter, J. O., Berg, P., & Hagemann, S. (2010). Heavy rain intensity distributions on varying time scales and at different temperatures. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D17). <http://dx.doi.org/10.1029/2009JD013384>
- [15] Hewitt, K. (1997). *Regions of risk, A geographical introduction to disasters*. Longman, Ltd.
- [16] Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, and M. Manning, eds., Cambridge University Press, Cambridge.
- [17] Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2018). *Global warming of 1.5°C*. Preuzeto sa https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/sr15_headline_statements.pdf
- [18] Makajić-Nikolić, D. (2020). Disaster Risk Reduction. In: Leal Filho W., Azeiteiro U., Azul A., Brandli L., Özuyar P., Wall T. (Eds.), *Climate Action. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1_65-1
- [19] Maluf, A. (2009). *Poremećenost sveta*. Laugna.
- [20] McElwee, P., Nghiem, T., Le, H., & Vu, H. (2017). Flood vulnerability among rural households in the Red River Delta of Vietnam: implications for future climate change risk and adaptation. *Natural Hazards*, 86(1), 465-492.
- [21] McNamara, K., & Gibson, C. (2009). We do not want to leave our land: Pacific ambassadors at the United Nations resist the category of climate refugees. *Geoforum*, 40, 475-483. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.03.006>
- [22] Merriam Webster Dictionary (2021). *Natural Disaster*. Preuzeto sa <https://www.merriam-webster.com/dictionary/natural%20disaster>
- [23] National Aeronautics and Space Administration - NASA (2021). *The Effects of Climate Change*. Preuzeto sa <https://climate.nasa.gov/effects/>
- [24] O'Gorman, P. A., & Schneider, T. (2009). The physical basis for increases in precipitation extremes in simulations of 21st-century climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(35), 14773-14777.
- [25] Petrović, N., Stanojević, K., Radaković, J. A., & Ćirović, M. (2020 Septembar 20-23). Percepcija žena o klimatskim promenama: Studija slučaja. U M. Vidović & D. Popović (Eds.), *Zbornik radova XLVII Simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS 2020*, (pp. 11-16), Beograd, online. Saobraćajni fakultet: Beograd.
- [26] Pfahl, S., O'Gorman, P. A., & Fischer, E. M. (2017). Understanding the regional pattern of projected future changes in extreme precipitation. *Nature Climate Change*, 7(6), 423-427.
- [27] Radaković, J. A., Petrović, N., Milenković, N., Stanojević, K., & Đoković, A. (2017). *Improving Students' Higher Environmental and Climate Change*

- Knowledge: A Case Study. Polish Journal of environmental studies, 26(6) 2711-2719. <https://doi.org/10.15244/pjoes/69645>
- [28] Radaković, J. A., Drašković, B., Makajić-Nikolić, D., & Petrović, N. (2021 Septembar 20-23). Uloga nacionalnih platformi za smanjenje rizika od katastrofa u jačanju otpornosti na poplave i degradaciju životne sredine. U D. Urošević, M. Dražić & Z. Stanimirović (Eds.), Zbornik radova XLVIII Simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS 2021, (pp. 47-52), Banja Koviljača. Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd.
- [29] 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. Natural Hazards Earth System Science, 12, 23-35.
- [30] Republika Srbija Republički hidrometeorološki zavod - RHZ (2021). Peti izveštaj IPCC 2013. godina. Preuzeto sa <http://www.hidmet.gov.rs/ciril/ipcc/index.php>
- [31] Sarmiento, C., & Miller, T. R. (2006). Costs and consequences of flooding and the impact of the National Flood Insurance Program. Pacific Institute for Research and Evaluation. Calverton, Maryland.
- [32] Sekulić, G., Dimović, D., Kalman-Kranjski-Jović, Z., & Todorović, N. (2012). Procena ranjivosti na klimatske promene - Srbija. WWF (Svetski fond za prirodu), Centar za unapređenje životne sredine.
- [33] Slaughter, R. A. (2012). Welcome to the Anthropocene. Futures, 44(2), 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.004>
- [34] United Nations - UN (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. Preuzeto sa <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng>
- [35] United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNISDR (2015). UNISDR Annual Report 2015. United Nations. Preuzeto sa https://www.unisdr.org/files/48588_unisdrannualreport2015evs.pdf
- [36] United Nations Serbia (2014). Izveštaj o procenama potreba za oporavak i obnovu posledica od poplava. UN u Srbiji, EU komisija u Srbiji i Svetska banka.
- [37] Winsemius, H. C., Aerts, J. C., Van Beek, L. P., Bierkens, M. F., Bouwman, A., Jongman, B., ... & Ward, P. J. (2016). Global drivers of future river flood risk. Nature Climate Change, 6(4), 381-385.
- [38] World Meteorological Organization - WMO (2021a). Water-related hazards dominate disasters in the past 50 years. Preuzeto sa <https://public.wmo.int/en/media/press-release/water-related-hazards-dominate-disasters-past-50-years>
- [39] World Meteorological Organization - WMO (2021b). WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2019). Preuzeto sa https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id