

RASTUĆA PRIJETNJA OD KATASTROFALNIH POPLAVA U RURALNIM PODRUČJIMA

dr. sc. Ognjen Bonacci, prof. emerit.

Procijenjeno je da je 2024. godina bila najtoplija godina u povijesti mjerenja. Jedna od posljedica zagrijavanja klime su obilnije i intenzivnije padaline kao rezultat toplijih oceana, većih iznosa evapotranspiracije i zbog toga viših količina vlage u zraku. Kao rezultat prethodno iznesenih činjenica u cijelom svijetu javljaju se sve razornije, prije svega, nagle poplave. Iako znanstvenici već duže vremena upozoravaju na globalnu klimatsku krizu obeshrabrujuća je činjenica je da je napredak u nalaženju praktičnih učinkovitih rješenja za ublažavanje posljedica ovih poplava vrlo spor.

Istražujući učestalost i razmjere šteta koje su uzrokovale katastrofalne poplave diljem ruralnih područja SAD-a, Rebecca Anderson i Shannon McNeeley iz Pacifičkog Instituta (*Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security*) definitivno su utvrdili da su mnoge od ovih zajednica sve drastičnije ugrožene (<https://pacinst.org/the-growing-threat-of-catastrophic-flooding-in-rural-america/>) te da je stoga potrebno poduzeti žurne mjere kako bi se barem ublažile katastrofalne posljedice. Pacifički institut za studije razvoja, okoliša i sigurnosti američki je neprofitni istraživački institut osnovan 1987. godine s ciljem obavljanja neovisnih istraživanja i analize politika o pitanjima razvoja, okoliša i sigurnosti, s posebnim fokusom na globalna i regionalna pitanja slatke vode. Nalazi se u Oaklandu u Kaliforniji.

Na području SAD-a 2024. godine bilo je 27 pojedinačnih vremenskih i klimatskih katastrofa s najmanje milijardu dolara štete. Te su katastrofe uzrokovale najmanje 568 izravnih ili neizravnih smrtnih slučajeva, što je osmi najveći broj za te katastrofe vrijedne milijarde dolara u posljednjih 45 godina, tj. u razdoblju od 1980. do 2024. Ukupna se šteta procjenjuje na oko 182,7 milijardi dolara. Ova ukupna vrijednost stavlja 2024. godinu na četvrto mjesto najskupljih šteta u povijesti, iza 2017. (395,9 milijardi dolara), 2005. (268,5 milijardi dolara) i 2022. (183,6 milijardi dolara). Dodajući 27 događaja iz 2024. godine analizi koja počinje 1980. godine, SAD je pretrpio 403 vremenske i klimatske katastrofe za koje su pojedinačni troškovi šteta dosegili ili

premašili milijardu dolara. Kumulativni trošak za ova 403 događaja premašuje 2,915 bilijuna dolara (<https://www.climate.gov/news-features/blogs/beyond-data/2024-active-year-us-billion-dollar-weather-and-climate-disasters>). Na slici 1 nalazi se fotografija poplave naselja Marshall, u Sjevernoj Karolini, u rujnu 2024. godine.

Zagrijavanje uzrokuje povećanu učestalost i žestinu ekstremnih oborina u otprilike 70 % prostora SAD-a. Intenzivnije padaline uzrokuju porast čestih i ozbiljnih poplava diljem SAD-a, a očekuje se da će se taj trend pogoršati. Znanstvenici procjenjuju da će klimatske promjene uzrokovati povećanje prosječnog troška šteta izazvanih poplavama u SAD-u za 26 % do 2050. godine s 32,1 milijarde USD na 40,6 milijardi USD. Naglašavaju da je izvjesno kako će siromašniji dio populacija SAD-a (vrlo slična ako ne i gora je situacija u ostatku svijeta) biti suočena s najvećim povećanjem rizika od naglih poplava. Na ove najranjivije i najsirašnje dijelove društva past će nerazmjerno velik teret.



Slika 1: Poplava naselja Marshall (Sjeverna Karolina, SAD) u rujnu 2024. uzrokovana uraganom Helene. (Izvor: blog Ureda za klimu Sjeverne Karoline, autor Corey Davis. Autor fotografije: Old Marshall Jail Hotel)

Prethodno spomenuti autori upozoravaju na činjenicu da se o toj ekstremno opasnoj ugrozi ruralnih prostora i njihovog stanovništva ne vodi dovoljno računa. Svoje zaključke argumentiraju na primjerima iz

ruralnih područja SAD-a, s detaljnim analizama poplava koje se pojavile u istočnom Kentuckyju 2022. godine. Osim toga ispituju povezanost katastrofalnih poplava i klimatskih promjena pokušavajući donijeti pouzdane zaključke o tome što ruralne zajednice mogu očekivati u budućnosti. Ujedno daju prijedloge kako bi se trebalo reagirati na ove krajnje opasne ugroze.

Na [slici 2](#) prikazana je posljedica nagle ruralne poplave koja se dogodila u Zapadnoj Virginiji (SAD) 25. srpnja 2016. godine. U toj poplavi poginulo je 26 ljudi. Fotografija vrlo slikovito svjedoči tragediju koju su doživjeli stanovnici tog kraja.



Slika 2: Posljedice poplave u Zapadnoj Virginiji (SAD) 25. srpnja 2016.

U znanstvenoj zajednici uglavnom je postignut konsenzus o tome da su recentne klimatske promjene dovele do intenzivnijih i češćih ekstremnih oborina, povećavajući vjerojatnost katastrofalnih poplava u budućnosti. Stoga se smatralo važnim prenijeti široj stručnoj javnosti njihova iskustva. Ovako nepovoljna situacija, a osobito njen razvoj u bliskoj budućnosti ne odnosi se isključivo na SAD, već su se isti, slični ili čak i daleko gori procesi pojavili te se realno očekuje njihovo intenziviranje u cijelom svijetu. Što se ugroženosti od naglih poplava tiče ne postoji razlika između razvijenih i manje razvijenih zemalja.

Dok u cijelom svijetu u mnoge urbane sredine i obalna područja ulažu ogromna sredstva obavljajući sve snažnije pripreme za učinkovitiju obranu od budućih naglih poplava, rizik od poplava u ruralnim sredinama nedovoljno je shvaćen. Zbog toga se vrlo često poduzimaju nikakve ili neodgovarajuće mjere. Razlog se dijelom nalazi i u činjenici što se u sredstvima javnog informiranja naglasak stavlja na izvještavanje o poplavama u urbanim prostorima dok one u malim ruralnim sredinama ostaju nezapažene. Poplave u ruralnim područjima uglavnom ostaju zabilježene u lokalnim sredstvima informiranja.

Uočeno je da se ruralne zajednice suočavaju s jedinstvenim i specifičnim izazovima u pripremi i oporavku od katastrofalnih poplava. Razlozi takvog stanja leže u izoliranim geografskim položajima, nedostupnosti informacija i sredstava, društvenoj ranjivosti i ograničenim resursima. Ti su izazovi u

ruralnim sredinama nerazmjerno opasniji nego u urbanim sredinama. Stoga je nužno učinkovitije iskorištavanje postojećih prirodnih i društvenih resursa ruralnih zajednica za izgradnju otpornosti i efikasniju pripremu na sve učestalije i sve izvjesnije ugroze od katastrofalnih poplava.

Rebecca Anderson i Shannon McNeeley ističu da ekstremne padaline postaju sve češća i ozbiljnija ugroza diljem Sjedinjenih Američkih Država. One uzrokuju katastrofalne poplave, koje se općenito definiraju kao rijetke ili iznimne poplave velikih razmjera. Količina uništavanja imovine kao i gubitaka života znatno je veća posljednjih desetak godina nego u prethodnom razdoblju. Prema evidenciji američke baze podataka o vremenskim i klimatskim katastrofama vrijednim milijardu dolara, učestalost poplava koje uzrokuju štetu od preko milijardu dolara porasla je za 216 %. U 1980-ima te su se prirodne nesreće događale u prosjeku 0,6 godišnje, no između 2015. i 2024. taj se broj povećao na 1,9 godišnje. Ove katastrofalne poplave događaju se u obalnim i kopnenim područjima zbog klimatskih promjena kao što su ekstremne padavine, brzo topljenje snijega i/ili porast razine mora. Razlozi takvom opasnom trendu leže u kombinaciji prirodnih fenomena s društvenim čimbenicima kao što su nedostatna i zastarjela infrastruktura, gradnja u poplavnim područjima, gubitak močvarnih i prirodnih plavljenih područja kao i naseljavanje na nepropusnijim i strmijim površinama.

Definitivno je utvrđeno da katastrofalne poplave koje rezultiraju velikim ekonomskim troškovima i gubicima života i imovine u ruralnim sredinama predstavljaju prijetnju diljem SAD-a. Ruralne zajednice suočavaju se sa specifičnim povećanim rizicima zbog jedinstvenih fizičkih i društvenih čimbenika. Neka su ruralna područja sve više izložena riziku od ozbiljnih poplava zbog viših stopa siromaštva koje su povezane sa životom u područjima sklonim poplavama. Ruralna područja s malo stanovnika i/ili smanjenje broja stanovnika uglavnom znače ograničene kapacitete i resurse za infrastrukturne projekte otporne na klimu, planiranje i brzi odgovor na ugroze.

Ne smije se zanemariti činjenica da oslanjanje na privredne grane koje su posebno osjetljive na poplave, kao što su poljoprivreda i rudarstvo, mogu izložiti ruralne zajednice povećanom riziku. Kao primjer se navodi područje središnje Appalachije koje je osobito ugroženo od katastrofalnih poplava zbog kombinacije čimbenika uključujući klimatske stresore, raznoliku geografiju (morfologiju terena, vegetacijski pokrov itd.), demografski sastav i nasljeđe ekstraktivnih industrija. U tzv. ekstraktivne industrije potpadaju grane industrijske proizvodnje koje neposredno odvajaju sirovine iz prirodnih izvora uporabom mehaničkih sredstava za rad. U tu skupinu spadaju rudarstvo, vađenje gline, tekućih i plinovitih tvari i drugo. Osim toga, mnoge ruralne zajednice nalaze se na udaljenim, izoliranim i slabo povezanim pa stoga i teško dostupnim mjestima.

To dodatno otežava napore za implementaciju infrastrukture otporne na poplave i oporavak od katastrofe. Ovi izazovi često rezultiraju velikim štetama na imovini i gubicima života.

Dugoročne posljedice pojave ovakvih poplava imaju značajne negativne utjecaje na javno zdravlje. Katastrofalne poplave u ruralnim sredinama mogu poremetiti pristup vodi i sanitarnim sustavima na brojne načine. To se događa nestankom struje i vode, erozijom, klizištima, mobilizacijom zagađivača, onečišćenjem izvora vode i izlivanjem kanalizacije. Ruralna kućanstva nisu spojena na komunalne vodovodne i kanalizacijske sustave. Umjesto toga oslanjaju se na septičke sustave na licu mjesta i privatne bunare čime se suočavaju s različitim rizicima. Na primjer, privatni bunari posebno su osjetljivi na kontaminaciju nakon poplave. Oni nisu regulirani federalnim standardima za pitku vodu, a resursi za podršku vlasnicima bunara u rješavanju ovih rizika često su ograničeni.

Krajem srpnja 2022. godine u središnjoj Appalachiji, posebno istočnom Kentuckyju, pale su ekstremne oborine koje su uzrokovale niz katastrofalnih naglih poplava. NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) je kategorizirala ove oborine kao događaj koji se može pojaviti jednom u tisuću godina. To znači da na temelju raspoloživih povijesnih mjerenja ima samo 0,1 % šanse da se takva oborina pojavi u bilo kojoj godini. Tisuće stanovnika istočnog Kentuckyja raseljene su tijekom ovih poplava. Prijavljeno je 45 smrtnih slučajeva. Poplave su prouzročile goleme štete ruralnim vodoopskrbnim i kanalizacijskim sustavima. Bez pitke vode odmah nakon poplava ostalo je 18.000 priključaka, a na njih 45.600 voda se morala prokuhavati. Poplave su pogoršale postojeće izazove dostupnosti vodi u regiji.

Prije nego što su oborine počele, veći dio Kentuckyja bio je suočen s neuobičajeno rijetkim i dugotrajnim sušnim uvjetima. U samo dva tjedna područje pod umjerenom sušom poraslo je sa samo 5 % 21. lipnja 2022. na više od polovice države do početka srpnja. Dana 5. srpnja 2022. godine, 81 % savezne države bilo je klasificirano kao neuobičajeno sušno, a 56 % s umjereno sušno. Umjerena suša može oštetiti usjeve i pašnjake, uzrokovati određene nedostatke vode, sniziti razine podzemnih voda, rezervoara i bunara te dovesti do ograničenja korištenja vode. Suhi uvjeti su utjecali na to da je tlo na površini terena bilo tvrdo i zbijeno. To je rezultiralo smanjenjem njegove sposobnosti za upijanje vode čime se povećao rizik od pojave viših protoka i bržeg tečenja po terenu. Došlo je do značajnog povećanja i volumena i maksimalnih protoka hidrograma naglih poplava uzrokovanih pojavom ekstremnih oborina.

Formiranje suhog, zbijenog tla pogoršan je opsežnim površinskim iskopavanjem ugljena, poznatim i kao uklanjanje planinskih vrhova u regiji. Ovaj način iskopa zasnovan je na uklanjanju vegetacije i narušavanju struktura tla i stijena kako bi se eksploatirao ugljen.

Time je dodatno smanjena propusnost površine terena čineći tlo još manje sposobnim za infiltraciju oborina. Kad su znanstvenici istraživali utjecaj uklanjanja planinskih vrhova na poplave u istočnom Kentuckyju 2022. godine otkrili su da potencijalno taj opasni proces doprinosi između 22-100 % povećanju protoka, ovisno o lokaciji u slivu. Osim toga ne smije se zanemariti činjenica da je povijest površinskog rudarenja u regiji, s nedavnim padom rudarenja ugljena, pridonijela trajnoj ekonomskoj nejednakosti i sve lošijoj infrastrukturi. Radi se o čimbenicima koji dodatno povećavaju ranjivost regije na poplave.

Prema podacima Nacionalne meteorološke službe, slaba kiša počela je padati u regiji 25. srpnja 2022., a rano 26. srpnja 2022. intenzitet je povećan. Višestruke grmljavinske oluje, tj. niz oluja koje se opetovano razvijaju i prolaze preko istog područja formirale su se iznad istočnog Kentuckyja između 26. i 29. srpnja 2022. Palo je ukupnu oborina koje premašuju 600 % prosječnih količina. U nekim je područjima palo od 360 do 410 mm kiše tijekom četiri dana. Radi se o događaju koji je toliko rijedak da ima manje od 0,1 % vjerojatnosti da se dogodi u bilo kojoj godini.

Kombinacija stvrdnutog nepropusnog tla od suše i rudarenja s ekstremnim kišama dovela je do razornih bujičnih poplava u središnjem Appalachiji, posebno u istočnom Kentuckyju. Između 26. i 30. srpnja 2022. izdana su 24 upozorenja na bujične poplave, od kojih su neke eskalirale u ekstremne slučajeve bujičnih poplave s katastrofalnim posljedicama.

Vodostaji na brojnim vodotocima u tom području dosegli su do tada nikada opažene rekordne razine. Kao primjer se navodi slučaj izmjeren na vodomjeru u Whitesburgu, Kentucky, na rijeci North Fork. Prije nego što je mjerač otkazao vodostaj je bio čak 2,2 metra viši od onog do tada izmjerenog daleke 1957. godine. Katastrofalne poplave uzrokovale su značajnu štetu i gubitak života u istočnom Kentuckyju, posebno u malim, ruralnim zajednicama izgrađenim u uskim dolinama duž malih bujičnih vodotoka (vidi sliku 1).

Istočni Kentucky je sredinom veljače 2025. godine pogodila još jedna katastrofalna poplava. Događaj je prisilio na raseljavanja stotine stanovnika, ostavio 14.000 kućanstava bez struje, uzrokovao neoperativnost višestrukih sustava otpadnih voda. Odnio je 23 života. Za stanovnike istočnog Kentuckyja, katastrofa je obnovila bolna sjećanja na poplave 2022., ponovno potaknuvši traumu od prošlih razaranja.

Uragan Helena (rujan 2024.) drugi je najsmrtonosniji uragan u SAD-u u posljednjih 55 godina. Više od 160 ljudi poginulo je u šest država: Floridi, Georgiji, Južnoj Karolini, Sjevernoj Karolini, Virginiji i Tennesseeju. Planine Sjeverne Karoline i Tennesseeja doživjele su neke od najrazornijih poplava godine nakon što su ih u rujnu pogodili ostaci uragana Helene. Jaka kiša slijevala se niz padine, pretvarajući potoke i rijeke u bujice koje su odnosile kuće i vozila. Više od 100 ljudi poginulo je u Sjevernoj Karolini, a šest radnika se

utopilo kada je njihova tvornica plastike poplavljena u Tennesseeju (<https://theconversation.com/no-flood-gauges-no-warning-99-of-us-streams-are-off-the-radar-amid-rising-flash-flood-risks-we-saw-the-harm-in-2024-227533>).

Kao poseban kuriozitet navode se poplave u kalifornijskoj Dolini smrti koje su se dogodile 6. kolovoza 2022. godine. Izazvane su rekordnim oborinama palim nad jednim od najtoplijih i najsuših mjesta na planetu.

Treba naglasiti da ovakve katastrofe nisu nikakva specifičnost SAD-a. One sve češće pogađaju i brojne druge dijelove Zemlje. Ni najbogatije i najbolje organizirane države svijeta nisu ni malo pošteđene od ove ugroze. Ruiz-Villanueva i Molnar (2020.) objavili su detaljnu analizu prošlih, recentnih i budućih poplava u Švicarskoj. Ukazali su na opasno povećanje broja naglih poplava i zabrinjavajući porast šteta koje one izazivaju.

Tijekom 2021. godine na svijetu se pojavio iznimno velik broj razornih poplava. Najpoznatije i javnim sredstvima najjače praćene su urbane poplave u Londonu, New Yorku i Xhenghou (Kina), poplave uzrokovane tropskim ciklonama u Mozambiku, razorne poplave koje su pokrenule brojna klizišta u Kanadi i diljem Azije itd. Brojne poplave u Europi u srpnju 2021. ukazale su na nespremnost vlada i institucija da odgovore na tako velike i razorne katastrofe. Rekordna količina kiše koja je u Seulu (Južna Koreja) pala 8. kolovoza 2022. godine usmrtila je najmanje osam ljudi, potopila brojne objekte prekinuvši prometovanje podzemnom željeznicom. Tijekom 60 minuta palo je 140 mm kiše.

U tjednu od 27. listopada do 4. studenog 2024. najniže do tada opažene vrijednosti stacionarnog atmosferskog pritiska zahvatile su Pirenejski poluotok. Uzrokovale su ekstremne štete s golemim socioekonomskim posljedicama u nekoliko španjolskih regija, a posebno u području Valencije. Pojavila se velika tuča (5-7 cm), nekoliko tornada, jaki udari vjetera i, prije svega, ekstremne oborine. Najekstremniji pojave su se dogodile 29. listopada u regiji Valencije u kojoj su pale oborine veće od 300 mm. Na meteorološkoj postaji Turísa zabilježeni su brojni nacionalni rekordi intenziteta oborina. Lokalno je registrirana oborina od 771 mm u 24 sata. Konvektivni sustav potaknuo je formiranje 11 tornada i veliku tuču (~ 5 cm). Socio-ekonomski učinak poplava u Valenciji bio je vrlo velik, s više od 16,5 milijardi eura štete na infrastrukturi (ceste, željeznice itd.), stambenim objektima i usjevima, kao i 231 smrtno stradalih i troje nestalih (Calvo-Sancho i sur. 2025.).

Ekstremne poplave dogodile su se od 4. do 6. kolovoza 2023. u Sloveniji prouzročivši tri žrtve. Ukupna izravna i neizravna šteta, uključujući potrebe sanacije nakon katastrofe procijenjena je na oko 10 milijardi eura. Netipični ljetni vremenski uvjeti u kombinaciji s visokim temperaturama zraka i mora u Sredozemlju te visokom vlažnošću tla doveli su do najekstremnije poplave u Sloveniji u posljednjih nekoliko desetljeća. Povratna razdoblja i dnevnih i subdnevnih ekstremnih

oborina i vršnih protoka dosegla su razdoblje od 250 do 500 godina. Koeficijent otjecanja tipičnog bujičnog i uglavnom šumovitog mezoskalnog sliva bio je oko 0,5. Osim toga, poplave, erozija tla, masovna kretanja mulja i procesi transporta riječnog sedimenta prouzročili su velike štete na zgradama (više od 12.000 kuća) i raznolikoj infrastrukturi (Bezák i sur. 2023.).

Krajem lipnja 2024. godine oluje u Francuskoj, Švicarskoj i sjevernoj Italiji uzrokovale su opsežne poplave i odrone, u kojima je poginulo najmanje sedam osoba. Na slici 3 je prikazana fotografija posljedica razorne poplave koja je opustošila švicarske Alpe i odsjekla popularno ljetovalište Zermatt. Obilne kiše i brzo topljenje snijega izazvali su kaos diljem europskih Alpa u lipnju 2024.

Dana 11. rujna 2024. dijelove središnje Europe zahvatila je oluja Boris. Sljedećeg dana oluja je pogodila južnu Poljsku. U nekim dijelovima te zemlje palo je 200 mm kiše u manje od 24 sata, što je uzrokovalo poplave u mnogim gradovima. Dana 13. rujna 2024., na sjeveru Češke Republike palo je preko 500 mm kiše, što je izazvalo poplave koje su uzrokovale goleme štete na stambenim i industrijskim objektima, cestama i mostovima. Sljedećeg dana 14. rujna 2024. oluja je stigla u Rumunjsku. Obilne oborine koje su se kretale oko 250 mm u 24 sata uzrokovale su bujične poplave, potapanje brojnih naselja, oštećenje oko 5.000 domova i razaranje dvije brane. Četiri dana kasnije, 18. rujna 2024., oluja Boris je zahvatila sjever Italije. Procjenjuje se da je živote izgubilo najmanje 20 ljudi, sedam u Rumunjskoj, pet u Poljskoj, četvero u Češkoj, troje u Austriji i jedan u Italiji.



Slika 3: Posljedice razorne poplave koja je opustošila švicarske Alpe u lipnju 2024.

U St. Pölten (Austrija) tijekom tri dana palo je ukupno 350 mm oborina, što je gotovo dvostruko više od 100-godišnje količine oborina. U nekim manjim bujičnim potocima u Donjoj Austriji maksimalni su protoci bili skoro tri puta viši od procijenjenih 100-godišnjih protoka. Na bujici Perschling pojavio se maksimalni protok od 276 m³/s sa sliva površine 55 km². Na tom vodomjernom profilu 100-godišnji protok je bio procijenjen na iznosu od 108 m³/s, a do tada je najveći zabilježeni protok iznosio 102 m³/s (<https://blogs.egu.eu/geolog/2024/09/26/september-2024-flooding-in->

central-europe-the-austrian-experience).

Unoćis 3. na 4. listopada 2024. jug Bosne i Hercegovine pogodile su poplave uzrokovane atmosferskim nevremenom koje je nastalo iznad Jadranskog mora. Tijekom noći poplavljeno je nekoliko gradova i brojna mala naselja u srednjoj Bosni i Hercegovini. Najteže su stradali Donja Jablanica, sela i zaseoci Kreševa, Konjica, Kiseljaka i Fojnice. Bujice su odnijele brda, kuće, stoku, ceste, mostove, ali i 27 ljudskih života. Određeni broj gradova postao je nepristupačan s okolnim selima jer su putevi, mostovi i željeznice bili blokirani poplavnim vodama i klizištima što je dodatno otežalo spašavanje ljudi i imovine u teško pristupačnim ruralnim sredinama.

Ni Hrvatsku nisu zaobišle katastrofalne nagle poplave. U ovom prikazu podsjećamo na samo dvije od njih koje su specifična za područje cijelog Mediterana. U srpnju 2015. godine požar je opustošio padine iznad naselja Trstenika na poluotoku Pelješcu. Izgorjela je šuma, vinogradi, maslinici kao i cjelokupni prirodni vegetacijski pokrov. Prve jesenske kiše, koje su pale oko 3 sata u noći 2. listopada 2015. godine uzrokovale su nagle poplave na tom prostoru. Formirana je bujica koja je s ogoljenih brda naselje Trstenik zatrpala kamenjem, blatom i granjem. Bujica je odnijela i vreće s pijeskom koje su služile kao zaštita kuća koje su joj se našle na putu.

Obilna kiša koja je 4. listopada 2024. tri sata bez prestanka padala na Makarskoj rivijeri, poplavila je priobalni turistički gradić Podgoru koji ima oko 2.200 stalnih stanovnika. Tijekom ljetne sezone broj turista dvostruko pa i više premaši broj rezidenata. Za nešto više od sat vremena palo je 140 mm kiše. Na katastrofalne posljedice ove nagle poplave osim prirodnih čimbenika značajan utjecaj je imao i ljudski faktor, prije svega prenamjena terena i loša infrastrukturna rješenja. Korito bujice je manje-više zatrpalo. U Podgori, kao nažalost i u brojnim drugim primorskim naseljima, ljudi su se naselili na bujici, sagradili kuće, napravili parkirališta i ulicu, što je rezultiralo katastrofalnim posljedicama.

Nekontrolirana urbanizacija, izgradnja uz obalu korita bujice, smanjivanje protočnog kapaciteta korita bujica, požari u gornjim dijelovima sliva sve češće uzrokuju sve katastrofalnije posljedice ne samo na hrvatskoj obali Jadranskog mora već i na cijelom prostoru Mediterana. Problem je da takvih slučajeva, ne samo kod nas, ima sve više i da će stoga biti i sve više ovakvih poplava, sa sve gorim posljedicama.

Realno je očekivati da će se u bliskoj budućnosti štete povezane s poplavama nastaviti povećavati u mnogim dijelovima svijeta. Razlog uglavnom leži u predviđenom povećanju učestalosti uvjeta koji uzrokuju poplave zbog klimatskih promjena i povećanja gustoće naseljenosti i imovine u poplavnim područjima. Za nalaženje učinkovitih rješenja nužno je detaljnije shvatiti prirodu formiranja poplava u svakoj pojedinoj regiji. Bitan preduvjet za ispunjavanje tog složenog zadatka je kvantificirati promjene u režimima poplava u bliskoj, ali i dalekoj prošlosti, identificirati njihove moguće uzroke

i napraviti projekcije mogućih utjecaja klimatskih promjena na poplave u budućnosti.

Iako klimatski pokretači i varijabilnost vlažnosti tla uzrokovana klimom imaju odlučujuću ulogu u izazivanju poplava, ipak postoje i brojni drugi tzv. neklimatski čimbenici koji izazivaju poplave ili značajno utječu na njihovu brojnost i snagu. Oni uključuju prirodna fiziografska svojstva sliva (veličina, topografija, osobito nagibi terena itd.), svojstva rijeke (kapacitet glavnog korita, morfologija itd.), hidrogeološke i geološke karakteristike sliva, karakteristike tla, vegetacijski pokrov i korištenja zemljišta sliva. Općenito je prihvaćeno da se razlikuju dvije skupine neklimatskih pokretača koji djeluju na različitim razinama: (1) pokretači razmjera sliva kao što su vrsta tla, šumski i vegetacijski pokrov, korištenje zemljišta itd.; (2) pokretači riječnih razmjera, kao što su riječna morfologija, protok, neravnine, povezanost poplavnih nizina i padina, skladištenje poplavnih nizina i prisutnost obalne vegetacije. Važno je naglasiti da postoje složene i nelinearne dinamičke interakcije između klimatskih i neklimatskih pokretača u formiranju poplava, što otežava odvajanje učinaka pokretača i/ili određivanje jednog glavnog čimbenika koji bitno utječe na intenziviranje poplave.

Osim promjena u klimatskim pokretačima poplava, na brojnim rijekama i/ili njihovim slivovima antropogenim zahvatima izmijenjeni su uvjeti otjecanja. Primjeri takvih antropogenih intervencija koje oblikuju današnje rijeke su izgradnja objekata obrana od poplava kao što su nasipi i brane te razne modifikacije unutar glavnog korita. Ove antropogene izmjene imaju za cilj smanjenje rizika od poplava, korištenje protoka za proizvodnju hidroenergije i plovidbu, a odnedavno i za obnovu otvorenih vodotoka. Izgradnja nasipa kao mjera zaštite od poplava na jednom potezu može imati negativne učinke nizvodno. Zanimljivo je i činjenica da plavljena područja mogu biti pogođena slijeganjem tla zbog drenaže ili crpljenja podzemnih voda. Ove promjene također mogu utjecati na opasnost od poplava, tj. učestalost i magnituda poplava, i druge čimbenike koji pridonose riziku od poplava.

Razumijevanje višestrukih i složenih fizičkih i društvenih pokretača ovih opasnih događaja ključno je za poboljšanje spremnosti i otpornosti u ruralnim područjima. Nužno je stoga shvatiti međusobno povezane varijable i ispitati ulogu klimatskih promjena u ruralnim katastrofalnim poplavama. Takav holistički pristup pruža važne uvide u buduće rizike i daje korisne informacije za stvaranje pravednih, klimatski otpornih ruralnih vodoopskrbnih i sanitarnih sustava.

Sve veća učestalost ekstremnih oborina, sve ekstremnije suše, a osobito sve češći nagli prelazi iz ekstremno sušnih razdoblja u one s ekstremnim oborinama u sve toplijoj klimi povećavaju rizik od pojave naglih poplava. Istraživanja pokazuju da recentne nagle suše (*flash drought*) isušuju tlo brže nego u prošlosti. Nagle suše sve se češće javljaju i sve češće se događaju da budu gotovo trenutačno smijenjene naglim poplavama.

Očito je da znanost i praksa moraju žurno naći učinkovitije odgovore na sve češće nagle poplave, prije svega na one u ruralnim, najslabije šticećenim područjima.

Upravo su složene klimatske i geografske varijable u kombinaciji s društvenom ranjivošću dovele do katastrofalnih utjecaja poplava koje su rezultirale velikim raseljavanjem i gubitkom života i imovine u središnjem Appalachiju u srpnju 2022. Slični se procesi događaju i u drugim državama. Budući trendovi klime i padalina ukazuju na to da će katastrofalne poplave biti sve češće i razornije. To jasno ukazuje na nužnost da se ruralnim zajednicama osiguraju svekoliki resursi i infrastruktura kako bi se mogli pripremiti za te razorne događaje, i kako bi im se omogućio brži oporavak od njih. Ovakvi izazovi postoje diljem planeta u ruralnim područjima, gdje kombinacija klimatskih promjena i društvenih nejednakosti na različite načine povećava rizik od poplava.

Ruralne zajednice suočavaju se s jedinstvenim izazovima u odgovoru na katastrofalne poplave, ali njihove snažne rodbinske veze i uzajamna pomoć igraju ključnu ulogu u oporavku. Iako solidarnost u zajednici nije isključiva samo u ruralnim područjima, ipak čvrsto povezani odnosi i zajednička povijest ključni su za način na koji se ruralne zajednice okupljaju kako bi pružile podršku jedna drugoj u vremenima krize. Ruralne zajednice također moraju usvajati inovativne strategije za povećanje otpornosti na katastrofalne poplave.

Ove katastrofe naglašavaju važnost brzih i točnih upozorenja na poplave u svim sredinama. One su također podsjetnik da još uvijek postoje velike praznine u sustavima koji prate hidrološko stanje vodotoka, prije svega na malim vodotocima koji protječu kroz ruralna područja. Stručnjaci Pacific Instituta navode da se u SAD-u prati stanje vodostaj na manje od 1 % vodotoka. S druge strane nacionalna meteorološka služba koristi napredne računalne modele za izdavanje upozorenja o poplavama. Kako je velik dio tih podataka dostupan online u stvarnom vremenu realno je moguće, uz ne pretjerana ulaganja, značajno poboljšati sigurnost ruralnih područja od naglih poplava.

Upravljanje i kontrola poplavama igraju ključnu ulogu u zaštiti ljudi i njihove imovine, čime se pruža izravna podrška socio-ekonomskom razvoju svake zajednice. Donedavno sustavi kontrole i zaštite od poplava tretirani su isključivo s inženjerskog stanovišta. Nije se vodila dovoljna, a nerijetko i nikakva, briga o socijalnim, kulturološkim i ekološkim učincima provedenih mjera na društveni i prirodni okoliš. Glavni uočeni nedostatak dosadašnjih sustava obrane od poplava leži u činjenici što nisu razmatrane njihove dugoročne posljedice ni na socijalne procese ni na okoliš. Općenito nekritički i isključivo s inženjerskog stajališta primjenjivane su strukturne mjere kao što su: regulacije vodotoka, nasipi, rasteretni kanali, brane i akumulacije, velike, skupe i krute hidrotehničke građevine itd. Izgradnja ovih objekata uzrokovala je nagle i drastične promjene prirodnog hidrološkog režima, fiksiranje neprirodnih oblika

vodotoka, odvajanje otvorenih vodotoka od njihovih plavljenih površina itd. To se posebno drastično odrazilo u ruralnim sredinama gdje se vrlo slabo ili nikako nije vodilo računa o naglim poplavama.

Suvremeni pristup obrani od poplava drastično se izmijenio u odnosu na klasični. Od tzv. pasivnog koncepta najrazvijenije zemlje svijeta u posljednjem desetljeću prelaze na novi aktivni i integralni koncept. Na to su bile prisiljene jer se zbog prirodnih razloga, ali i pod pritiskom snažnih antropogenih utjecaja na njihovim prostorima javljaju sve češće i sve razornije poplave praćene i drugim vodnim katastrofama.

Praksa je pokazala da je u većini slučajeva nemoguće u cijelosti ukloniti rizik od poplava, tj. izbjeći štetu koje one nanose. Taj se zaključak prije svega odnosi na nagle poplave. Stoga se naponi usmjeravaju na smanjivanje ili ublažavanje šteta kroz djelatnosti nazvane zajedničkim imenom upravljanje rizicima i kontrola poplava. Da bi se postigli učinci u tom procesu potrebno je prvenstveno identificirati rizik od poplava, razviti strategiju za njegovo smanjivanje te kreirati politiku i programe koji će omogućiti praktično ostvarenje postavljenih ciljeva. Upravljanje rizikom bitna je aktivnost koja usklađuje razne inicijative. Dok se ta vrsta sustava obrane od poplava snažno teorijski i praktično primjenjuje u urbanim sredinama o njoj se gotovo ne vodi računa u ruralnim. Stoga se inzistira na detaljnijem i preciznijem praćenju ekstremnih oborina. Definitivno je da one predstavljaju ključni ulazni podatak u bilo kojem aspektu lanca upozorenja od detaljnog monitoringa hidroloških i klimatoloških parametara do meteoroloških prognoza, modeliranja poplava, predviđanja poplava, komunikacije, ranog djelovanja i suradnje s politikom i donosiocima odluka.

Očigledno je da će čovječanstvo morati prihvatiti koncept UNESCO-a nazvan "ŽIVJETI S POPLAVAMA", koji prihvaća činjenicu da poplave nije moguće apsolutno spriječiti već je potrebno na najmanju moguću mjeru smanjiti broj ljudskih žrtava i štete koje one izazivaju. Ujedno je potrebno prepoznati i bolje iskoristiti pozitivne učinke koje poplave imaju na okoliš (Bonacci i sur. 2024.). ■

LITERATURA

Bezak N., Panagos P., Liakos L., Mikoš M. (2023) Brief communication: A first hydrological investigation of extreme August 2023 floods in Slovenia, Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 23(12):3885-3893. DOI:10.5194/nhess-23-3885-2023.

Bonacci O., Žaknić-Čatović A., Roje-Bonacci T. (2024) Floods: emerging concepts and persisting challenges. *Acta Hydrotechnica* 37(67):127-141. DOI: 10.15292/acta.hydro.2024.07.

Calvo-Sancho C., Díaz-Fernández J., González-Alemán J. J., Azorín-Molina C., Halifa-Marín A., Montoro-Mendoza A., Bolgiani P., Beguería S., Vicente-Serrano S. M., Morata A., Martín M. L. (2025) Anthropogenic climate change attribution to a record-breaking precipitation event in

October 2024 in Valencia, Spain. EGU General Assembly 2025, Vienna, Austria, 27 Apr–2 May 2025, EGU25-15941. DOI:10.5194/egusphere-egu25-15941.

Ruiz-Villanueva V., Molnar P. (2020) Past, current, and future changes in floods in Switzerland. Hydro-CH2018 project. Commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Switzerland. DOI:10.3929/ethz-b-000458556.

<https://blogs.egu.eu/geolog/2024/09/26/september-2024-flooding-in-central-europe-the-austrian-experience/> (pristupljeno 20. listopada 2024.)

<https://www.climate.gov/news-features/blogs/beyond-data/2024-active-year-us-billion-dollar-weather-and-climate-disasters> (pristupljeno 14. travnja 2025.)

<https://pacinst.org/the-growing-threat-of-catastrophic-flooding-in-rural-america/> (pristupljeno 14. travnja 2025.)

<https://theconversation.com/no-flood-gauges-no-warning-99-of-us-streams-are-off-the-radar-amid-rising-flash-flood-risks-we-saw-the-harm-in-2024-227533> (pristupljeno 24. travnja 2025.)

