

KARAKTERISTIKE JAKIH KIŠA KOJE SU PROUZROKOVALE ČESTU POJAVU POPLAVA NA TERITORIJI SRBIJE U PERIODU APRIL-SEPTEMBAR 2014. GODINE

Prof. dr Stevan PROHASKA¹
Dragan ĐUKIĆ, dipl. met²
Vladislava BARTOŠ DIVAC, dipl. građ. inž¹
Nedeljko TODORVIĆ, dipl. met²
Nikola BOŽOVIĆ, dipl. fiz¹

¹) Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd
²) Republički hidrometeorološki Zavod Srbije, Beograd

REZIME

U ovom radu dat je prikaz karakteristika kiša u kišnim epizodama u periodu april-septembar 2014. godine, koje su izazvale pojavu poplava na teritorije Republike Srbije, od kojih su poplave u maju i septembru bile katastrofalne. Prikazani su i meteorološki uslovi pre i za vreme poplava. Za analizu karakteristika kiša korišćeni su oficijeni podaci o časovnim vrednostima padavina samo na glavnim meteorološkim stanicama (GMS) Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Za prostornu prezentaciju jednodnevni, dvodnevni i trodnevni suma korišćeni su svi raspoloživi podaci na oficijelnim kišomernim stanicama. Statistička značajnost registrovanih maksimalnih intenziteta u toku analiziranih kišnih epizoda u navedenom periodu ocenjena je pomoću rezultata najnovih obrada kiša jakog intenziteta koje su urađene za sve pluviografe glavnih meteoroloških stanica, a za periode od kada pluviograf radi do zaključno sa 2014. godinom. Za sve kišne epizode prikazane su ukupne padavine u vidu karti izohijeta. Sumarne krive kiša prikazane su uporedo sa HTP zavisnostima (zavisnost visina padavine u funkciji trajanja kiše i povretnog perioda) na GMS koje su se nalazile blizu centara kiša za razmatrane kišne epizode. Na istim GMS prikazani su i numerički pokatelji značajni za sagledavanje statističke značajnosti kiša koje su izazvale poplave.

Ključne reči: jake kiše, kišna epizode, poplave iz maja i septembra, intenziteti kiše, trajanje kiše, verovatnoća pojave, povratni period, statistička značajnost.

UVOD

U periodu od aprila do septembra teritoriju Srbije pogodile su poplave velikih razmera. Jedan od osnovnih uzroka pojave poplava su kiše čija je karakteristika da su, sa manjim prekidima, trajale veoma dugo i da su povremeno, u kraćim vremenskim intervalima, imale izuzetno jak intenzitet.

U prvom tromesečju 2014. godine nad teritorijom Srbije vladalo je relativno stabilno vreme bez značajnijih padavina. Sredinom aprila došlo je do prodora hladnog vazduha koji je prouzrokovao pojavu dugotrajne kiše koja je, sa kraćim prekidima, trajala dvadesetak dana, od 14.04. do 05.05. 2014. godine. U toku tog perioda registrovane su značajne ukupne sume padavina na celoj teritoriji Republike Srbije. Najviše padavina palo je u slivu Zapadne Morave i Kolubare, zatim u slivovima Južne Morave, Mlave, Peka i Timoka, a najmanje na severu Bačke i Banata.

Kiša koja je izazvala poplave sa katastrofalnim posledicama pala je u periodu od 12. do 19. maja 2014. godine i obuhvatila je: sliv Kolubare, donji deo sliva reke Drine, sliv Zapadne Morave, donji deo sliva Južne Morave, slivove neposrednih pritoka Velike Morave, sliv Mlave, kao i neposredni sliv reke Save, od državne granice do ušća u reku Dunav kod Beograda. Obilne kiše koje su uticale na formiranje poplavnog talasa Save i njenih pritoka padale su i na teritoriji Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine, ali one nisu obuhvaćene ovom analizom.

U periodu od 12. do 20. juna 2014. godine, registrovana je kišna epizoda sa lokalno značajnijim padavinama, u slivovima Zapadne Morave, Nišave i Timoka. Na većem delu Vojvodine i Južne Morave zabeležene su manje padavine, što se može reći i za neposredni sliv Velike Morave.

Krajem jula, od 25. jula do 01. avgusta, zabeležene su značajne padavine u neposrednom slivu donjeg Dunava na teritoriji Srbije, sa centrom kiše u južnom delu Banata i drugim centrom kiše u gornjem delu sliva Kolubare. U južnim i zapadnim delovima Republike Srbije padavine su bile beznačajne. U nastavku ovog perioda došlo je do prolaza dva nova hladna fronta koji su, u periodu od 02. do 07. avgusta 2014. godine, izazvali značajnije padavine u slivovima Kolubare i Jadra, kao i na severu Bačke.

Od 11. do 17. septembra intenzivne kiše su se pojavile na nekoliko prostorno manjih lokaliteta na teritoriji Srbije. U tom periodu katastrofalne poplave zahvatile su područje Negotinske nizije sa većim materijalnim posledicama i ljudskim gubicima. Kiše nešto manjeg obima pale su u slivu Mlave, južnog Banata i na severu Bačke.

Poplave koje su se dogodile bile su od izrazito bujičnih, u brdsko-planinskim predelima (karakteriše ih talas sa strmim čelom koji ima veliku brzinu prostiranja i razornu moć), preko njihovih koincidencija duž sliva, do poplava širokih razmera sa intenzivnim plavljenjem rečnih dolina i dugim trajanjem, što je karakteristično za ravničarske reke.

Sve analize prikazane u radu izvršene su na osnovu oficijelnih podataka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Statistička značajnost registrovanih maksimalnih intenziteta u toku pojave poplave ocenjena je na osnovu rezultata najnovijih obrada kiša jakog intenziteta koje su urađene za sve pluviografe glavnih meteoroloških stanica. Za sve ove epizode jakih kiša koje su se pojavile u periodu april-septembar 2014. godine prikazane su karte izohijeta ukupnih suma padavina.

METEOROLOŠKI USLOVI PRE I ZA VREME POPLAVA

Prva jača kišna epizoda u većem delu Republike Srbije pojavila se u periodu od 14. aprila do 05. maja 2014. godine. Tada je u većem delu Republike Srbije

palo između 120 l/m² i 170 l/m², a u jugozapadnim delovima zemlje i preko 250 l/m². Posle perioda sa ciklonskom cirkulacijom, od 9. do 12. aprila, 14. aprila je iznad Srbije i Balkana došlo do kratkotrajnog porasta geopotencijala i porasta temperature, ali je preko Skandinavije i srednje Evrope ponovo počeo prodor hladnog vazduha u sklopu duboke doline U prizemlju je zabeležen pad pritiska, a uveče i noću prolazak izraženog hladnog fronta. Od 15. aprila Balkan je bio pod uticajem duboke doline i hladnog vazduha, iznad Srbije je dominiralo južno, a preko zapadnih delova Balkana severno strujanje. Već sutradan, 16. aprila došlo je odsecanja ciklona (stvaranje zatvorene ciklonske cirkulacije) u sklopu prostrane doline i iznad Srbije i Balkana se uspostavila ciklonska cirkulacija čiji se centar na većim visinama premeštao od Jadrana preko juga ka istoku Balkana uz postepeno popunjavanje uz zadržavanje hladnog vazduha i postepeno skretanje južnog na istočno i severoistočno strujanje. Već 18. aprila, ponovo je, preko Skandinavije, srednje i delom zapadne Evrope, došlo do prodora hladnog vazduha i jačanja doline i stvaranja zatvorene ciklonske cirkulacije iznad oblasti Alpa. Do 21. aprila iznad Balkana se zadržala ciklonska cirkulacija sa centrima u oblasti Alpa i istoka Balkana uz postepeno slabljenje (porast geopotencijala) i transformaciju hladnog vazduha. U periodu od 21. do 22. aprila sledio je porast geopotencijala i temperature i kratkotrajno uspostavljanje grebena sa osom preko Balkana, Egeja i istočnog Sredozemlja. Uveče 23. aprila pojačan je uticaj ciklona iz centralnog Sredozemlja, a zatim se do 30. aprila iznad Srbije i Balkana zadržala ciklonska cirkulacija u sklopu prostranog ciklona sa centrom iznad severa Skandinavije. U tom periodu u Srbiji je bilo kiše, pljuskova i grmljavine, lokalno sa velikom količinom padavina, naročito u periodu od 16. do 20. aprila. Karakteristično je da je ova kišna epizoda trajala skoro neprekidno 21 dan, što je registrovano na GMS Kuršumlja, Leskovac i Požega, odnosno samo po jedan dan bez kiše zabeležen je na GMS Dimitrovgrad, Kruševac, Niš, Sjenica, Vranje i Zlatibor. U proseku, na svim razmatranim GMS (28) broj beskišnih dana u ovoj kišnoj epizodi bio je manje od 4 dana.

Katastrofalna poplava u maju 2014. godine pojavila se kao posledica prodora hladnog vazduha preko Alpa u oblast Sredozemlja, kada je došlo do formiranja prostornog ciklona, razvijenog po svim visinama, koji se preko Jadrana premeštao na Balkan. Ciklon se 13. maja premeštao iz oblasti Jadrana ka zapadnim i

centralnim delovima Balkana, a od 14. do 16. maja pojačao se (produbio) po svim visinama, a ujedno i stacionirao (bio je slabo pokretan). Centar ciklona u prizemlju kretao se od Đenovskog zaliva preko Apenina, južnog Jadrana, juga Republike Srbije, Bugarske i Rumunije, a zatim je pravio putanju u obliku elipsaste „petlje“ iznad jugoistočnih delova Panonske nizije (područje severne Srbije, istočne i jugoistočne Mađarske i severozapadne Rumunije). Tom prilikom ciklon je odstupio od najčešće putanje koju imaju đenovski cikloni, a to je pravac Crnog mora, gde se konačno gasi. Glavna oblačna i kišna zona iznad većeg dela Srbije, pre svega zapadne Srbije, Republike Srpske i Slavonije, bila je slabo pokretna, kao i sam ciklon, i na istom području je u periodu od 14. do 18. maja 2014. godine uslovlila, prema podacima RHMZ Srbije, ekstremnu količinu padavina, u većini mesta preko 200 l/m², lokalno i preko 300 l/m². Kao što je već rečeno, ovom događaju prethodile su obilne padavine u periodu od 14. aprila do 05. maja, kada je u većem delu Republike Srbije palo između 120 l/m² i 170 l/m², a u jugozapadnim delovima zemlje i preko 250 l/m². Sve to uzrokovalo je katastrofalne poplave, pojavu bujica, erozije i aktiviranje klizišta, prvo na malim vodotocima (potoci i rečice), a zatim na srednjim (Kolubara), što je na kraju uslovlilo porast vodostaja na većim rekama, a najviše na Savi.

Ciklon koji se pojavio u toku juna, u periodu od 12. do 20. juna 2014. godine, izazvao je pojavu značajnijih padavina samo u planinskim regionima Zlatibora, Kopaonika, Miroča, Stare Planine i Prokletija. Činjenica je da je od 5. do 11. juna područje Srbije bilo pod uticajem termobaričkog grebena iz zapadnog Sredozemlja i zapadne Evrope sa slabo izraženom nestabilnošću atmosfere i retkom pojavom izolovanih pljuskova i grmljavine. U prizemlju je dominirao anticiklon. Najtopliji su bili 10. i 11. jun. Dana 11. juna preko Srbije je prošao slabo izražen hladni front u sklopu ciklona iz istočne Evrope. Od 12. juna počeo je izraženiji pad geopotencijala, a u prizemlju pritiska, a 13. i 14. juna prošla su sa severozapada dva dobro izražena hladna fronta koja su uslovlila značajan pad temperature. Iznad srednje i zapadne Evrope produbila se dolina, a iznad Srbije se 14. juna uspostavilo jugozapadno strujanje koje se zadržalo do 18. juna, a zatim je, sa prolaskom ose doline, preovladalo zapadno i severozapadno strujanje. Od 12. do 20. juna iznad Srbije i Balkana je veoma nestabilna vazдушna masa. U posmatranom periodu u Srbiji su registrovane dominantno konvektivne padavine, lokalno s velikom

količinom. Po ukupnim količinama u toku ove kišne epizode padavine su retko prelazile granicu od 100 mm². Sa gledišta hidrologije, posledice nisu bile značajne jer su registrovani manji i umereni porasti vodostaja početkom druge dekade juna na Velikoj Moravi sa pritokama i krajem meseca na Kolubari i na banatskim vodotocima.

U periodu od 9. do 18. jula iznad Srbije je dominirala ciklonska cirkulacija sa veoma promenljivim vremenom, sa kišom, pljuskovima i grmljavinom i lokalno velikom količinom padavina. Od 19. do 20. jula Srbija i Balkan su na kratko bili pod uticajem termobaričkog grebena. Od 21. jula, koji je bio najtopliji dan, ponovo je počeo uticaj ciklonske cirkulacije sa nestabilnom vazдушnom masom. U prizemlju se zadržala slabo izražena ciklonska cirkulacija. Od 25. do 27. jula centar cirkulacije na većim visinama bio je iznad zapadne Evrope, a iznad Srbije i Balkana bilo je jugozapadno strujanje. U prizemlju su 27. jula iz Sredozemlja preko Srbije prošla dva hladna fronta dobro izražena u pogledu oblačnosti i padavina, kada je zabeležena i lokalno veoma velika količina padavina i ekstremno veliki broj munja. Od 28. jula do 01. avgusta zadržava se ciklonska cirkulacija, a centar se od Velike Britanije preko Francuske, Italije i Jadrana premešta ka Balkanu iznad koga preovlađuje jugozapadno strujanje. U toku ove kišne epizode najveće količine padavina zabeležene su na području ograničenom GMS Beograd, Banatski Karlovci, Vršac, Veliko Gradište, Crni Vrh i Smederevska Palanka. U centru kišne epizode visina je dostizala i do 240 mm, dok se po obodu naznačenog prostora ona kretala oko 90 mm. Drugi centar kiše registrovan je na području Valjeva, sa ukupnim padavinama oko 120 mm. Posledica ovih kiša je pojava umerenih porasta vodostaja na Kolubari i banatskim vodotocima.

Neposredno nakon julskog ciklona, takoreći u nastavku, pojavio se nov ciklon sa zapada, koji je u periodu od 02. do 07.08. izazvao, na određenim lokalitetima, pojavu padavina koje su prevazišle odgovarajuće višegodišnje 6-dnevne proseke za mesec avgust. Pojava ciklona iznad Srbije posledica je zadržavanja nestabilne vazdušne mase na periferiji ciklonske cirkulacije iz zapadne Evrope uz kratkotrajni porast geopotencijala i temperature 02. avgusta. Do 05. avgusta zadržava se jugozapadno visinsko strujanje, a 06. i 07. avgusta sa prolaskom doline uspostavlja se severozapadno strujanje i dolazi do priliva malo

hladnijeg vazduha. Dana 03. i 05. avgusta preko Srbije su prošla dva hladna fronta slabo izražena u temperaturnom polju i snizila su temperaturu na vrednosti malo ispod prosečnih. U posmatranom periodu bilo je kiše, pljuskova i grmljavine, lokalno sa velikom količinom padavina. Za ovu kišnu epizodu je karakteristično da su se pojavila tri centra kiše, najveći, po zahvaćenom prostoru, na području GMS Valjevo i Loznica, zatim - na severu Bačke, u okolini GMS Palić i treći - na užem području Zlatibora. Sa hidrološkog stanovišta nije došlo do značajnog povišenja nivoa vode ni na jednom vodotoku u Srbiji.

Kišna epizoda koja je druga po značajnosti posledica, u kojoj je došlo do gubitaka ljudskih života i materijalne štete, dogodila se u periodu od 11. do 17. septembra. Tokom 11. septembra došlo je do pada geopotencijala i jačanje uticaja ciklona iz zapadne Evrope, čiji se centar do 14. avgusta preko oblasti Alpa sporo premeštao ka zapadu Balkana. Iznad Srbije u tom periodu preovlađuje južno strujanje. Od 12. do 14. septembra preko Srbije je prošla serija hladnih frontova iz oblasti Sredozemlja, od kojih je najizraženiji u pogledu padavina bio poslednji, koji je područje Srbije prošao u noći između 14. i 15. septembra. Od 15. do 17. septembra ciklon se popunjava i oslabljen prelazi preko Srbije kada se uspostavlja severozapadno strujanje, a u prizemlju dolazi do značajnog porasta pritiska i uticaja anticiklona iz srednje i dela istočne Evrope i Skandinavije. U odnosu na razmatrane prethodne kišne epizode, ova kiša obuhvatila je mnogo manju teritoriju. Po količini pale kiše i posledicama najznačajniji je centar kiše koji je registrovan na istoku zemlje, na području Kladovo-Negotin, gde su vrednosti suma padavina u kišnoj epizodi dostizale i do 200 mm. Usled ekstremno velikih padavina na području istočne Srbije došlo je do velikog porasta vodostaja i izlivanja bujičnih vodotoka, posebno u regionu Tekije, Gornjeg Milanovca, Grabovice i Negotina, a umereni porast vodostaja registrovan je na Peku, Crnom i Belom Timoku. Druga dva, manja, centra kiše, sa sumom padavina do 100 mm bila su u okolini GMS Palić i na ušću Velike Morave.

KARAKTERISTIKE KIŠA U PERIODU APRIL-SEPTEMBAR 2014. GODINE

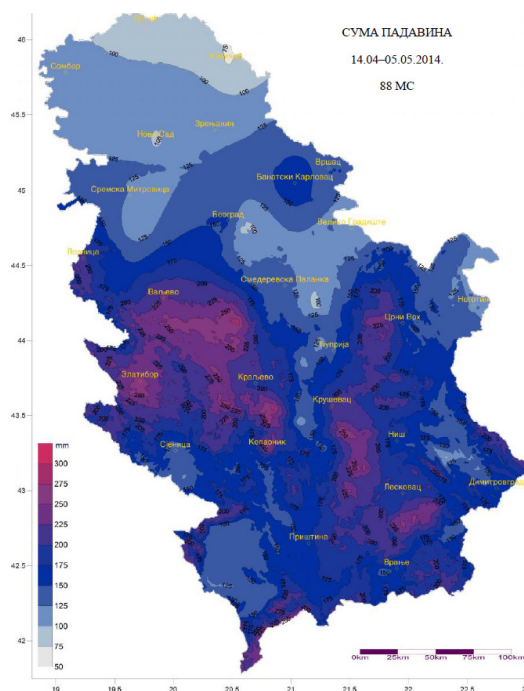
Za potrebe analize karakteristika kiša koje su prouzrokovale poplave na teritoriji Republike Srbije u navedenom šestomesečnom periodu na raspolaganju su bili podaci o časovnim vrednostima padavina na 28

glavnih meteoroloških stanica (GMS), kao i podaci o dnevnim sumama padavina na 450 padavinskih stanica. Prostorni položaj glavnih meteoroloških stanica sa kojih su korišćeni podaci prikazan je na slikama 1-6, na kojima su prikazane izolinije (izohijete) visina padavina registrovanih za vreme pojave kišnih epizoda. Na kartama urađenim na osnovu svih raspoloživih podataka vide se oblasti sa najvećim registrovanim padavinama na teritoriji Republike Srbije.

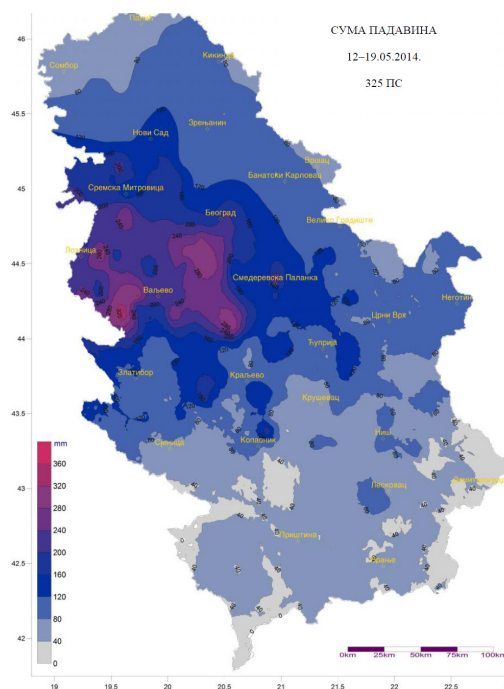
Karta izohijeta ukupnih suma padavina za maksimalnu kišnu epizodu koja se pojavila u periodu od 14.04. do 05.05.2014. godine prikazana je na slici 1. Kao što se vidi, kiša je zahvatila čitav prostor Republike Srbije. Više od polovine teritorije Srbije bilo je zahvaćeno kišom čija je ukupna količina bila veća od 150 mm. Preostala teritorija, osim severa Banata i Bačke, zahvaćena je nešto slabijom kišom, čija je ukupna količina bila veća od 100 mm, što je više od višegodišnjeg proseka za april na bilo kojoj od GMS. Najveće zabeležene padavine bile su u planinskim regionima Srbije, a GMS na kojima je registrovano najviše padavina u razmatranoj kišnoj epizodi bile su: Zlatibor (239,6 mm), Valjevo (214,2 mm), Loznica (207,6 mm), Kruševac (200,6 mm), Kraljevo (195,5 mm), Požega (187,9 mm) itd. Zahvaljujući činjenici da je period koji je prethodio ovoj značajnoj kišnoj epizodi bio relativno suv, ova kišna epizoda, iako značajna, nije izazvala velike hidrološke probleme na rekama u Srbiji.

Na slici 2 prikazana je karta izohijeta ukupnih suma padavina za kišnu epizodu sa maksimalnom sumom padavina iz maja 2014. godine. Na osnovu nje se može konstatovati da su na prostoru Republike Srbije u maju najintenzivnije kiše zahvatile slivove Jadra i Kolubare. Najveće registrovane visine padavina u periodu pojave ove kiše zabeležene su na GM stanicama: Loznica (188,3 mm), Beograd (179,1 mm), Valjevo (179,0 mm), Rimski Šančevi (133,8 mm), Smederevska Palanka (130,8 mm), itd. Položaj izohijeta ukazuje da su najveće količine padavina izlučene u centru sliva Trešnjice (pritoke Drine), oko 320 mm, zatim u zoni Krupnja i u slivu Ljiga, oko 280 mm. Padavine veće od 200 mm zahvatile su veći deo Šumadije i neposredan sliv reke Drine od Rogačice do ušća.

Prostorni položaj izohijeta za maksimalnu kišnu epizodu iz juna 2014. godine, prikazan na slici 3, ukazuje da su padavine veće od 100 mm zahvatile uglavnom sve planinske regione na teritoriji Republike



Slika 1. Suma padavina 88 MS, 14.04-15.05.2014.

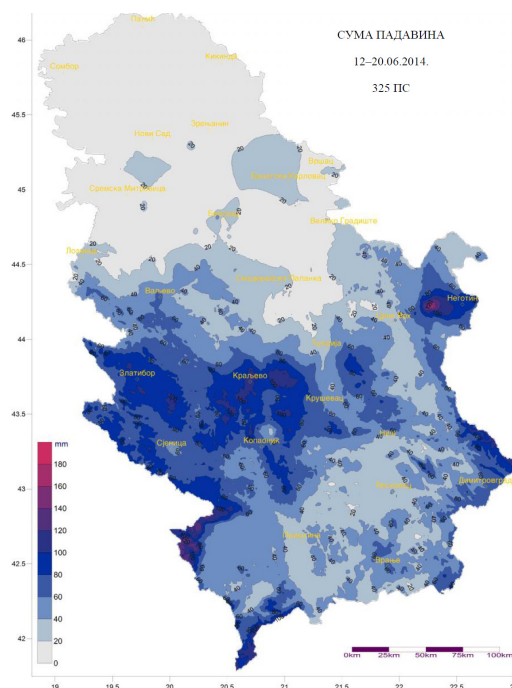


Slika 2. Suma padavina 325 PS, 12-19.05.2014.

Srbije. Podaci osmatranja na GMS pokazuju da su najveće sume padavina zabeležene u Kraljevu (113,3 mm), zatim u Vranju (80,3 mm), Zaječaru (73,6 mm) itd.

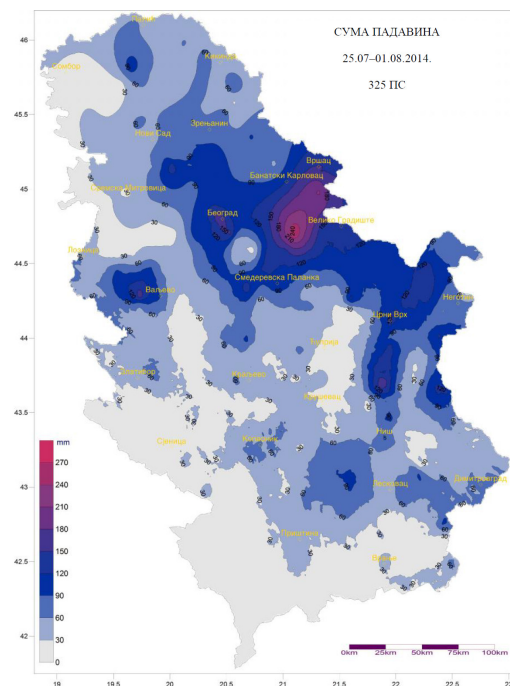
Za maksimalnu kišnu epizodu u julu 2014. godine, za koju je karta izohijeta ukupnih suma padavina data na slici 4, može se reći da je zahvatila teritoriju neposrednog sliva Dunava, od Novog Sada do Kladova, sa tri manja centra kiše kod Valjeva, Boljevca i na Crnoj planini. Maksimalno registrovane sume padavina zabeležene su na GMS Beograd (149,9 mm), Crni Vrh (129,4 mm) i Smederevska Palanka (106,5 mm). Karta izohijeta ukazuje da su najveće količine padavina zabeležene u regionu ušća Velike Morave, oko 240 mm, a u okolini Beograda preko 150 mm, dok se ceo naznačeni prostor neposrednog dela sliva Dunava karakteriše pojavom kiše veće od 100 mm. Ostali navedeni centri kiša su reda veličine suma padavina 100-120 mm.

Maksimalna kišna epizoda koja se pojavila početkom avgusta 2014. godine zahvatila je znatno manji prostor i bila je manjeg obima padavina, što se može videti na slici 5. Centri kiše bili su u slivovima Jadra i gornjeg dela sliva Kolubare, zatim na severu Bačke u okolini Subotice i na Zlatiboru. Centar kiše u slivu Jadra

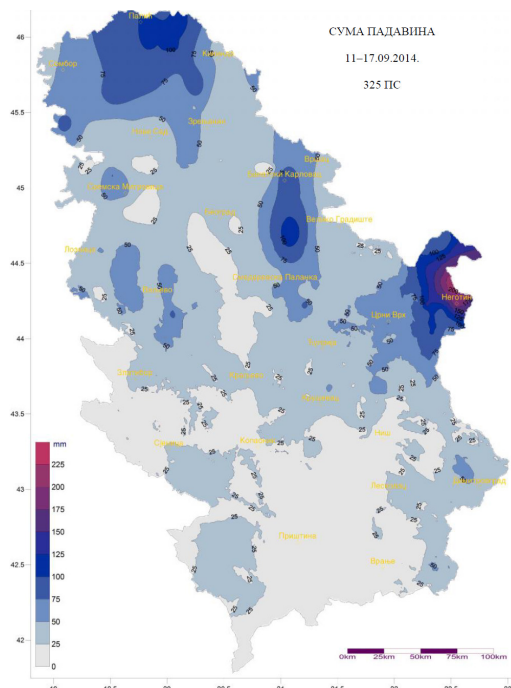


Slika 3. Suma padavina 325 PS, 12-20.06.2014.

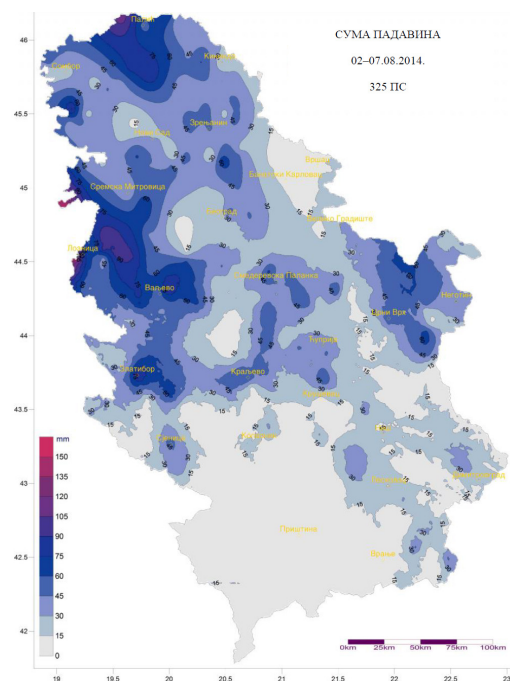
karakteriše pojava kiše veće od 90 mm (GMS Loznica 85,2 mm), dok su u ostalim centrima kiše sume padavina bile oko 60 mm.



Slika 4. Suma padavina 325 PS, 25.07–01.08.2014.



Slika 6. Suma padavina 325 PS, 11–17.09.2014.



Slika 5. Suma padavina 325 PS, 02–07.08.2014.

Karta izohijeta ukupnih suma padavina za kišnu epizodu iz septembra 2014. godine prikazana je na slici 6. Sa gledišta zahvaćenog prostora, ova kišna

epizoda bila je skromnih razmera i pojavila su se samo tri centra kiše. Najintenzivnije kiše bile su na području Negotinske nizije od 100 mm do 200 mm, dok je u ostala dva centra kiše suma padavina bila reda veličine oko 100 mm.

Najveće sume padavina zabeležene su na GMS Negotin (157,7 mm), Palić (85,6 mm) i Banatski Karlovac (79,4 mm).

OCENA STATISTIČKE ZNAČAJNOSTI REGISTROVANIH EKSTREMNIH KIŠNIH EPIZODA

Za sagledavanje strukture ekstremnih kišnih epizoda, jednog od glavnih uzročnika pojave poplava u rečnim slivovima, kao i za ocenu njihove statističke značajnosti, neophodni su podaci dugogodišnjih osmatranja tzv. kiša jakog intenziteta. Na osnovu raspoloživih časovnih podataka na GMS, određeni su ostvareni maksimalni intenziteti ovih kišnih epizoda na celom prostoru i upoređeni sa rezultatima najnovijih obrada (Monografija Intenziteti jakih kiša u Srbiji, autora S. Prohaska, V. Bartoš Divac, sa saradnicima, Beograd, 2014.). Pri izradi ove monografije prikupljeni su svi raspoloživi istorijski podaci o registrovanim maksimalnim kišnim epizodama u dugogodišnjem

periodu na trideset pluviografskih stanica u Srbiji. Podaci su prikupljeni za period od kada pluviografska stanica radi do zaključno sa 2008. godinom. Na osnovu tih podataka formirane su vremenske serije maksimalnih intenziteta (visina) kiše za sledeća trajanja kiše: 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 i 1440 minuta. Odgovarajućom statističko-probabilističkom analizom formirane su zavisnosti maksimalnih visina kiše u funkciji trajanja kiše i verovatnoće pojave, tzv. HTP krive za svih 30 navedenih pluviografskih stanica. Ove zavisnosti predstavljaju podlogu za ocenu statističke značajnosti registrovanih maksimalnih kišnih epizoda u navedenom petomesečnom periodu u 2014. godini.

U konkretnom slučaju, ocena statističkih značajnosti osmotrenih maksimalnih kišnih epizoda u 2014. godini izvršena je za GMS koje su najbliže centrima kiše, i prikazana u tabeli 1. U tabeli su prikazane: visina registrovanih kiša u periodu trajanja razmatrane kišne epizode (P_{ep}), prosečne višegodišnje vrednosti visina kiše u mesecu kada se ta kišna epizoda prioriteto pojavila (\bar{P}), kao i njihov odnos Θ i visine ostvarenih kiša i njihovi povratni periodi za različita trajanja kiše (1, 3, 6, 12, 24, 48 i 72 časa).

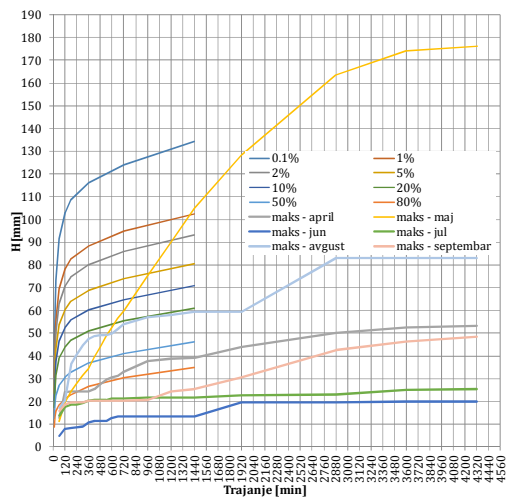
Grafički prikaz maksimalnih ostvarenih visina kiša tokom kišnih epizoda iz perioda april-septembar i računskih maksimalnih visina kiše u funkciji trajanja kiše i verovatnoće pojave dat je na slikama 7-15.

Na osnovu prikazanog, može se konstatovati:

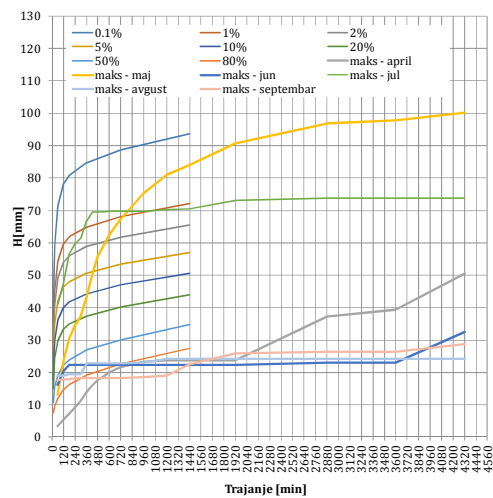
- Kišna epizoda iz aprila trajala je bez većih prekida relativno dugo (21 dan), a ukupne sume registrovanih padavina na većim GMS znatno su prevazišle prosečne višegodišnje vrednosti za april. Na GMS Kraljevo, Kruševac i Valjevo izmerene su količine padavina u kišnoj epizodi više od 3 puta veće od višegodišnjeg proseka. Međutim, maksimalni intenziteti kiše u toj kišnoj epizodi bili su statistički beznačajni, uglavnom sa povratnim periodom od 1 do 5 godina. Najveći maksimalni intenzitet registrovan je za trodnevnu kišu na GMS Kruševac i odgovara 40-godišnjem povratnom periodu. Statistička značajnost ukupne sume padavina je znatno veća, što se vidi u drugom radu istih autora u ovom broju časopisu „Vodoprivreda“.
- Kišna epizoda iz maja, koja je trajala 7 dana tokom kojih je kiša padala skoro neprekidno, karakteristična je po tome što su maksimalni intenziteti za kiše kraćeg trajanja do 5 - 6 sati bili statistički beznačajni, ispod višegodišnjeg proseka, sa izuzetkom kiše u Nišu i Smederevskoj Palanci. Na GMS Niš 12-časovni maksimalni intenziteti odgovarali su povratnom periodu od 100 godina. Statistički značajnije sume padavina realizovane su za trajanje kiša duže od 24 časa. Tako, na primer, maksimalne 24-časovne kiše realizovane u Nišu prevazilaze stopedesetogodišnji u Loznici stogodišnji povratni

Tabela 1. Povratni periodi ostvarenih maksimalnih kiša na teritoriji Srbije u 2014. godini

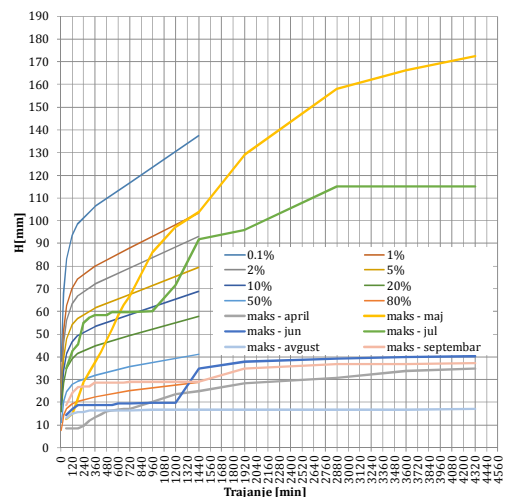
	\bar{P} [mm]	P_{ep} [mm]	Θ	1h [mm]	T [god]	3h [mm]	T [god]	6h [mm]	T [god]	12h [mm]	T [god]	24h [mm]	T [god]	48h [mm]	T [god]	72h [mm]	T [god]
15.04 -05.05.2014.																	
Kraljevo	61,4	195,5	3,18	12,7	1	25,5	<2	27,2	<2	30,9	<2	56,1	5	79,0	7	96,6	12
Kruševac	56,4	200,6	3,56	9,5	1	11,8	1	17,0	1	28,1	<2	44,8	5	76,9	14	99,8	40
Valjevo	62,8	214,2	3,41	24,6	2	48,0	5	55,4	5	59,0	5	82,0	25	86,0	10	86,6	7
12.5.-19.05.2014.																	
Loznica	79,2	188,3	2,38	11,1	1	24,2	<2	34,5	<2	59,8	7	105,0	100	163,4	200	176,1	150
Beograd	67,8	179,1	2,64	12,5	1	21,8	1	37,3	2	66,8	20	103,9	70	158,2	100	172,3	100
Niš	64,7	106,2	1,64	13,1	1	30,3	3	43,3	10	67,3	100	84,0	105	96,8	80	100,1	80
R. Šančevi	57,8	133,8	2,31	7,5	1	18,4	<2	33,5	2	60,9	8	81,1	30	107,5	30	131,3	60
Valjevo	80,7	179,0	2,12	5,5	1	15,0	1	27,7	<2	53,8	3	97,4	70	149,4	170	164,2	200
12.06.-20.06.2014.																	
Kraljevo	88,9	113,3	1,27	28,6	3	37,7	3	38,4	3	41,1	3	50,1	3	68,7	5	87,0	10
Zaječar	66,5	73,6	1,11	36,0	20	37,3	7	37,9	7	38,0	5	40,4	4	54,7	3	58,9	3
25.07-01.08.2014.																	
Beograd	68,1	149,9	2,20	34,9	5	45,4	7	58,3	15	59,6	10	91,9	50	115,0	45	115,1	30
Niš	44,3	94,4	2,13	41,2	20	56,7	50	66,8	120	69,8	150	70,4	80	73,8	25	73,8	18
02.08-06.08.2014.																	
Loznica	74,1	85,2	1,15	17,2	1	36,4	2	47,5	4	54,0	5	59,5	5	83,2	9	83,2	5
11.09.-17.09.2014.																	
B. Karlovac	56,2	79,4	1,41	23,0	2	41,7	7	46,4	7	47,2	7	71,5	25	77,8	5	79,2	3
Negotin	43,0	157,7	3,67	46,1	20	75,7	70	85,1	90	124,4	600	136,9	140	152,4	140	154,5	70



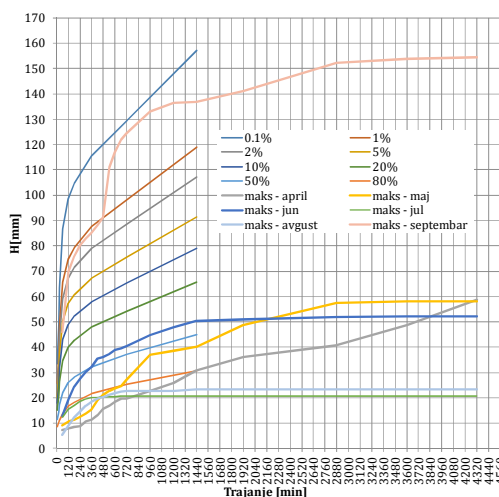
Slika 7. HTP kriva za Loznicu



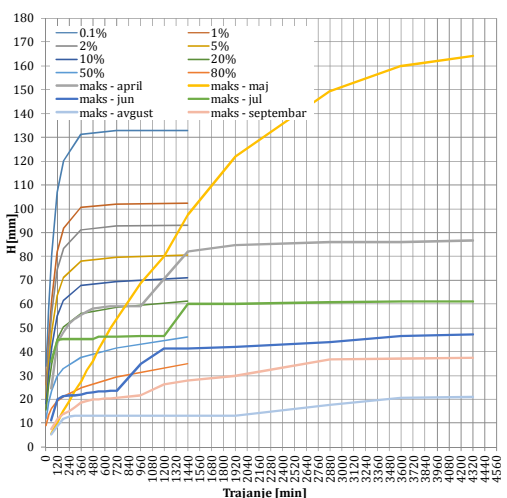
Slika 10. HTP kriva za Niš



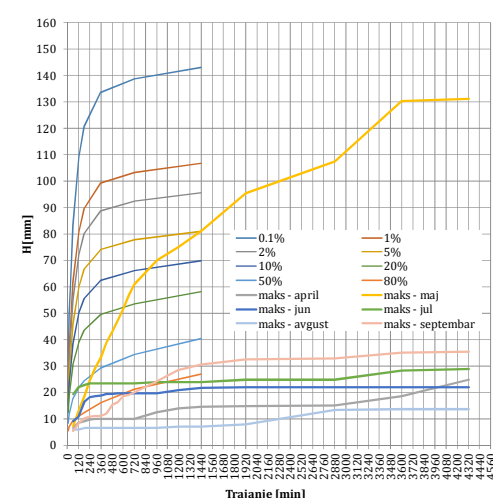
Slika 8. HTP kriva za Beograd



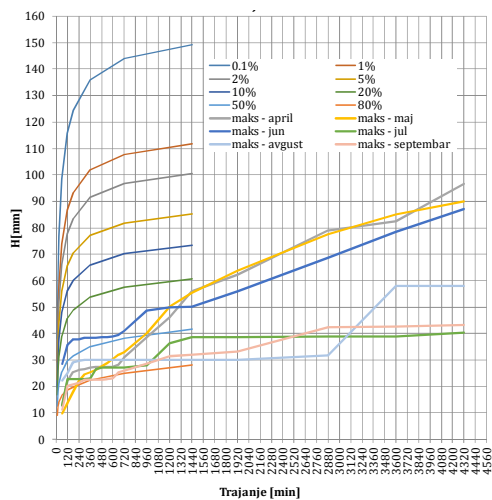
Slika 11. HTP kriva za Negotin



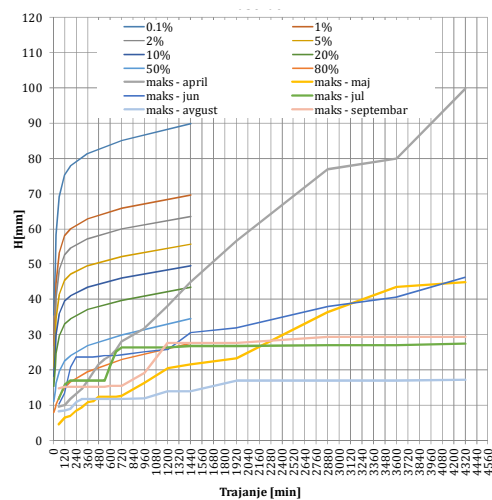
Slika 9. HTP kriva za Valjevo



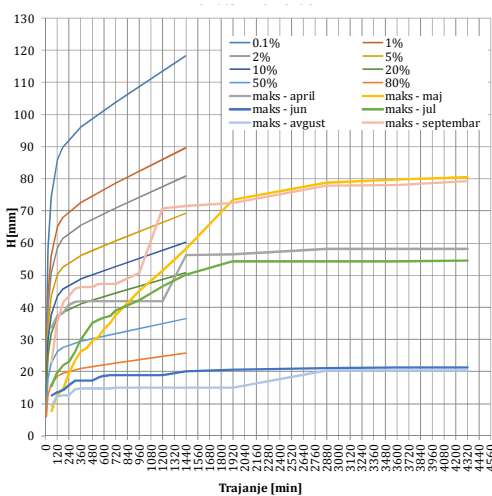
Slika 12. HTP kriva za Rimske Šančeve



Slika 13. HTP kriva za Kraljevo



Slika 14. HTP kriva za Kruševac



Slika 15. HTP kriva za Banatski Karlovac

period, u Beogradu i Valjevu sedamdesetogodišnji, a u Rimskim Šančevima tridesetogodišnji povratni period. Maksimalne visine padavina za 48 časova realizovane su u Loznici, gde izmerena vrednost prevazilazi dvestogodišnju kišu, zatim sledi Valjevo sa 170-godišnjom i Beograd sa 100-godišnjom kišom, te Niš sa kišom 80-godišnjeg povratnog perioda. Povratni period realizovane trodnevne kiše u Valjevu ocenjen je na 200 godina u Loznici na 150 godina i u Beogradu na 100 godina. Sa gledišta poređenja ukupnih palih kiša u razmatranoj kišnoj epizodi i prosečnih višegodišnjih vrednosti kiše u maju, može se konstatovati da ukupne sume kiše pale u majskoj kišnoj epizodi, takođe, značajno prevazilaze višegodišnje proseke. Taj odnos kreće se od 1,64 na GMS Niš do 2,64 na GMS Beograd.

- U kišnoj epizodi u junu koja je, sa većim ili manjim prikidima, trajala oko 9 dana, ukupne sume padavina uglavnom su manje od odgovarajućih višegodišnjih proseka, sa izuzetkom GMS Kraljevo i Zaječar. Na GMS Kraljevo registrovano je 27%, a na GMS Zaječar 11% više padavina od višegodišnjeg proseka. U toku cele kišne epizode maksimalni intenziteti nisu bili statistički značajni. Najznačajniji je jednočasovni intenzitet na zabeležen je na GMS Zaječar koji odgovara 20-godišnjem povratnom periodu. Povratni periodi ostvarenih suma padavina za sva ostala trajanja kiše u junskoj kišnoj epizodi uglavnom su reda veličine kraćeg od 10 godina.
- Jake kiše u julu, koje su trajale 8 dana, zahvatile su nekoliko manjih područja, a najznačajniji maksimalni intenziteti bili su na GMS Beograd i GMS Niš. Maksimalni intenzitet 12-časovne kiše u Nišu odgovara 150-godišnjem povratnom periodu, a 24-časovne kiše 80 godina. U Beogradu ostvarena maksimalna 24-časovna kiša ima 50-godišnji povratni period. U poređenju sa prosečnim višegodišnjim vrednostima mesečnih suma padavina, ostvarene visine kiše u ovoj epizodi prevazilaze za više od 100% višegodišnje proseke.
- Kišna epizoda registrovana u avgustu u trajanju od 5 dana, sa gledišta maksimalnih intenziteta, nije bila statistički značajna. Maksimalni povratni period od 9 godina imala je dvodnevna kiša registrovana na GMS Loznica. Ukupna registrovana suma na ovoj stanici je reda veličine višegodišnjeg mesečnog proseka.
- Druga po statističkoj značajnosti jakih kiša u 2014. godini, realizovana u septembru, zahvatila je

znatno uži prostor, samo nekoliko lokaliteta, od kojih je najznačajniji bio u Negotinskoj niziji. Tako je na GMS Negotin u ovoj kišnoj epizodi, koja je, sa manjim prekidima, trajala 7 dana, ukupno palo 3,7 puta više kiše nego prosečno u septembru na istoj stanici. Za drugi centar kiše, GMS Banatski Karlovac, ovaj odnos iznosi 1,41, što znači da je palo 41% više kiše od višegodišnjeg proseka za septembar. Najznačajniji maksimalni intenzitet na GMS Negotin registrovan je za 12-časovno trajanje kiše, a imao je povratni period oko 600 godina. Na istoj GMS maksimalni intenziteti za 24-časovnu i 48-časovnu kišu odgovarali su 140-godišnjem periodu, dok je 6-časovna kiša bila reda veličine 90-to godišnjeg povratnog perioda.. Na GMS Banatski Karlovci najveći ostvareni maksimalni intenzitet je za 24-časovno trajanje, a povratni period ove kiše iznosi 25 godina.

ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da je u periodu april-septembar 2014. godine teritoriju Republike Srbije zahvatilo nekoliko prodora hladnog vazduha sa Atlantika koji su, u dužem ili kraćem periodu, izazvali pojavu serije ciklona iznad našeg prostora. S obzirom na to da je broj kišnih dana u ovom periodu na većini meteoroloških stanica u Srbiji prevazišao broj beskišnih dana, smatra se da je period april-septembar ceo bio kišni. Zabeleženo je nekoliko značajnih kišnih epizoda, čije su kvantitativne karakteristike detaljno prikazane u ovom radu. Interesantno je da se u svakom mesecu od aprila do septembra pojavila barem jedna značajnija kišna epizoda za koju su dati osnovni podaci o meteorološkim uslovima koji su je izazvali, zatim karakteristike ostvarenih kiša, kako sa gledišta maksimalnih intenziteta za različita trajanja kiše, tako i sa stanovišta ukupno ostvarenih količina padavina. Za svaku kišnu epizodu su, na osnovu ukupno ostvarenih suma kiša, dati prikazi prostorne raspodele kiše u vidu karata izolinija suma padavina. Ove karte omogućuju sagledavanje prostornog položaja ostvarenih centara kiše, kao i njihove kvantitativne karakteristike iskazane u mm pale kiše u samom centru i užoj i široj okolini.

Kvantitativne karakteristike kišnih epizoda - maksimalne visina kiše za različita trajanja kiše (intenziteti), kao i ukupne sume kiše u razmatranim kišnim epizodama, prikazane su na osnovu raspoloživih podataka na GMS (glavnim meteorološkim stanicama). Karte izolinija ukupnih suma padavina urađene su na

osnovu podataka sa GMS, kao i raspoloživih podataka o dnevnim sumama padavina na ostalim oficijelnim meteorološkim i padavinskim stanicama RHMZ Srbije. Evidentno je da se skoro u svim kišnim epizodama centri kiše ne poklapaju sa položajima GMS, što je nepovoljno pri oceni statističke značajnosti ostvarenih kišnih epizoda.

Ocena statističke značajnosti razmatranih ostvarenih kišnih epizoda u periodu april-septembar 2014. godine izvršena je na osnovu podataka sa GMS. Za sve kišne epizode izvršena je procena povratnih perioda maksimalnih ostvarenih intenziteta za različita trajanja kiše, kao i za ukupnu sumu kiše u epizodi. Ostvarene ukupne sume kiše upoređene su sa prosečnim višegodišnjim vrednostima suma padavina u mesecu u kojem se kišna epizoda pretežno ostvarila. Taj princip zadržan je i kada je vršena ocena povratnih perioda ostvarenih suma padavina u razmatranim kišnim epizodama u odnosu na odgovarajuće raspoložive vremenske serije mesečnih suma padavina. Pri oceni statističke značajnosti ostvarenih maksimalnih intenziteta i ukupnih suma padavina za trajanja kraće od 1 dana korišćeni su rezultati proračuna HTP krivih (visina-trajanje-povratni period) objavljeni u monografiji Intenziteti jakih kiša u Srbiji, autora S. Prohaska, V. Bartoš Divac, sa saradnicima, Beograd, 2014, dok je statistička značajnost intenziteta kiša trajanja 1, 2 i 3 dana izvršena na osnovu novih proračuna računskih visina kiše izvršenih na bazi raspoloživih nizova dnevnih suma padavina na GMS do 2014. godine.

Generalni zaključak je da su glavni uzroci čestih pojava poplava na teritoriji Republike Srbije u periodu april-septembar 2014. godine učestali prodori hladnog vazduha s Atlantika i formiranje moćnih ciklona nad našom teritorijom. Ni jednu od kišnih epizode ne karakteriše pojava statistički značajnih intenziteta jakih kiša kratkih trajanja, koje obično izazivaju pojavu bujičnih poplava. Trajanje ostvarenih kišnih epizoda znatno prevazilazi uobičajeno trajanje jakih kiša sa intenzitetima koje izazivaju poplave. Maksimalni intenziteti kiša trajanja do 5-6 sati, koje izazivaju bujične poplave, skoro u svim razmatranim kišnim epizodama bile su ispod višegodišnjeg proseka, sa izuzetnom nekoliko slučajeva u okolini Niša, Negotina i Smederevske Palanke. Kod katastrofalnih kišnih epizoda iz maja i septembra, koje su izazvale razorne poplave sa značajnim štetama i gubicima ljudskih života, statistički značajne sume padavina u majskoj

epizodi realizovane su za trajanja kiša duža od 24 časa, dok su kod septembarskih padavina poplavu izazvale kiše koje su trajale duže od 12 časova.

Maksimalnu kišnu epizodu iz maja 2014. godine karakteriše pojava ekstremno velikih količina padavina, koje su dugo trajale i zahvatile veliku teritoriju, u Srbiji to su slivna područja Jadra, Kolubare i Mačve. Sa statističko-probabilističkog aspekta povratni period kišne epizode koja je proukovala poplavu duži je od stogodišnjeg. Ocenu statističke značajnosti ove izuzetne kiše na celom prostoru, koji obuhvata poplavljena područja tri susedne zemlje, teško je u ovom trenutku dati, zbog nedostatka relevantnih podataka osmatranja.

Za drugu po značajnosti kišnu epizodu, koja se pojavila u periodu od 11. do 17. septembra 2014. godine, ali na znatno manjem prostoru (samo područje negotinske nizije), može se reći da pripada kategoriji jakih kiša kratkih trajanja i po povratnom periodu pojave u centru kiše, po oceni autora ovoga rada, prevazilazi dvestogodišnju pojavu.

Ostale razmatrane kišne epizode iz perioda april-septembar 2014. godine su, po statističkoj značajnosti, znatno manjih razmera.

ZAHVALNOST

Predstavljene rezultati i analize su predmet istraživanje naučnog projekta „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“ (TR-37005) za period 2011–2015. godine Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije. Autori se zahvaljuju ministarstvu na pruženoj finansijskoj pomoći i podršci.

LITERATURA

- [1] Prohaska S, Bartoš Divac V, sa saradnicima (2014): *Intenziteti jakih kiša u Srbiji*, Institut „Jaroslav Černi“, Beograd, ISBN 978-86-82565-40-6
- [2] Prohaska S., Kapor B., Ilić A., Čatović S., Marjanović S., Bartoš Divac V., Koprivica A., (2011): *Kompleksna analiza pluviometrijskog režima jakih kiša kraćih trajanja na teritoriji Republike Srbije*, „Voda i sanitarna tehnika“, godina XLI, maj-juni, broj 3–4/2011., ISSN 0350-5049, str. 5-14
- [3] Prohaska, S., Ilić A., Bartoš Divac, V., Koprivica, A., Čatović, S., Kapor, B., Đukić, D., Marjanović, S. (2011), *Spatial interpolation of selected characteristics of high intensity rainfall in Serbia using GIS technology*, XXVth Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, 16 – 17 June 2011, Budapest, Hungary, rad na USBu 8 str., Conference Abstracts - pp. 65, 2011.
- [4] Prohaska, S., Kapor, B., Ilić, A., Čatović, S., Marjanović, S., Bartoš Divac, V., Koprivica, A. (2011), *Kompleksna analiza pluviometrijskog režima jakih kiša kraćih trajanja na teritoriji Republike Srbije*, *Časopis „Voda i sanitarna tehnika“*, ISSN 0350-5049, Vol. 41, No. 3-4, str. 5-14, 2011.
- [5] Prohaska S., Đukić D., Bartoš Divac V. (2014), *Osnovne karakteristike jake kiše na teritoriji Srbije koja je prouzrokovala poplavu u maju 2014. godine*, Beogradska škola meteorologije, Sveska 7, str. 189-201, ISBN 978-86-904985-9-8, COBISS. RS – ID 208242444

THE CHARACTERISTICS OF HEAVY RAINFALLS THAT CAUSED FREQUENT FLOOD OCCURRENCE IN THE TERRITORY OF SERBIA IN THE PERIOD FROM MAY TO SEPTEMBER 2014

by

Prof. dr Stevan PROHASKA¹, Dragan ĐUKIĆ, dipl.met², Vladislava BARTOŠ DIVAC, dipl.grad.inž¹,
Nedeljko TODORVIĆ, dipl.met², Nikola BOŽOVIĆ, dipl.fiz¹

¹) Institute for the development of water resources „Jaroslav Černi“, Belgrade

²) Republic Hydrometeorological Service of Serbia, Belgrade

Summary

This work contains the detailed overview of the registered maximum intensities of the different strong rainfall durations (rainfall events) registered in the period from April to September 2014, that preceded, and/or caused the catastrophic floods in May and September in the territory of the Republic of Serbia. For that purpose were used the official data on precipitation hourly values only at the main meteorological stations of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia. For the evaluation of the significance and the spatial presentation of the achieved maximum intensities of the long duration rainfall (daily, two-day and three-day long rainfall) were used all the available data of the official rainfall stations. The statistical significance of the registered maximum intensities during the analyzed rainfall events in the mentioned period, was estimated using the results of the newest processing of high intensity rainfall that have been made for all

pluviographs of main meteorological stations, from the periods when pluviograph started to work to the end of 2014. For all the considered rainfall events were given the reviews of the realized precipitation over the contours map. The summary curves of the realized rainfall events were given along with the HTP curves (precipitation height in the function of the precipitation duration and the return period) at the MMS (main meteorological stations). The numerical indicators of the statistical significance were given only for the MMS that were near the precipitation centers for the considered rainfall events.

Key words: strong rainfall, rainfall events, floods in May and September, rainfall intensity, rainfall duration, probability of occurrence, return period, statistical significance.

Redigovano 18.11.2014.