

KLIMATSKI USLOVI KOJI SU PROUZROKOVALI POJAVU POPLAVA TOKOM 2014. GODINE U SRBIJI

CLIMATIC CONDITIONS THAT CAUSED THE OCCURRENCE OF FLOODS IN 2014 IN SERBIA

UDK: 627.511:551.583(497.11)“2014“

627.511:556.161(497.11)“2014“

Originalni naučni rad

Prof. dr Stevan PROHASKA, dipl. građ. inž. ¹⁾

Nedeljko TODOROVIĆ, dipl. met. ²⁾

Vladislava BARTOŠ DIVAC, dipl. građ. inž. ¹⁾

Dragan ĐUKIĆ, dipl. met. ²⁾

REZIME

U ovom radu dat je prikaz karakteristika jakih kiša u kišnim epizodama, kao i dugotrajnih kiša koje su se pojavile tokom perioda april–septembar 2014. godine na teritoriji Republike Srbije. Predmet istraživanja su intenziteti jakih kraćih trajanja, kao i dugotrajne kiše – mesečne i sezonske sume padavina. Rad počinje prikazom sinoptičke situacije i razvoja vremena u Srbiji i na Balkanu koji su izazvali pojavu ekstremnih padavina i poplava na teritoriji Srbije. Za sve mesece unutar razmatranog perioda dat je prikaz prostornog rasporeda ostvarenih kraćih kiša jakog intenziteta i suma mesečnih padavina u 2014. godini u vidu karti izohijeta. Kvantitativni pokazatelji ostvarenih jakih kiša i suma mesečnih i sezonskih padavina i njihova statistička značajnost dati su samo na glavnim meteorološkim stanicama (GMS) Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Za prostornu prezentaciju navedenih ostvarenih suma padavina u 2014. godini korišćeni su i podaci na oficijelnim kišomernim stanicama. Posebna pažnja posvećena je identifikaciji i kvantifikaciji statističkih izuzetaka u razmatranim serijama, a pre svega ostvarenih mesečnih i sezonskih suma u 2014. godini. Za ocenu statističke značajnosti razmatranih serija padavina korišćena je klasična procedura primene teorijskih funkcija raspodele verovatnoća. Kvantitativni pokazatelji statističke značajnosti ostvarenih suma padavina u 2014. godini iskazani su preko povratnih perioda u godinama. Na kraju su dati numerički pokazatelji svih značajnijih ostvarenih jakih kiša u kišnim epizodama, zatim mesečnih i sezonskih suma padavina.

Ključne reči: jake kiše, kišne epizode, intenziteti kiša, mesečne i sezonske sume padavina, statistička značajnost, statistički izuzeci, sinoptička situacija, razvoj vremena, povratni periodi

SUMMARY

This work contains the overview of heavy rainfall characteristic in the rainy episodes, as well as the long lasting rainfalls which occurred during the period April to September 2014 in the territory of the Republic of Serbia. Research subjects are short and heavy rainfall intensities, as well as long lasting rainfalls – monthly and seasonal rainfall sums. The paper begins with the synoptic situation overview and the weather development in Serbia and the Balkans which caused the occurrence of extreme rainfalls and floods in the territory of the Republic of Serbia. For all months within the considered period is given the overview of the spatial distribution of realized high intensity short rainfalls and the sum of the monthly precipitation in 2014 in the form of the isohyet maps. Quantitative indicators of heavy rainfalls and of monthly and seasonal precipitation sums and their statistical significance are given only for major meteorological stations (MMSs) of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia. For the spatial presentation of the mentioned precipitation sums in 2014 the data on official pluviograph stations were used. Special attention was paid to the identification and quantification of statistical exceptions in the considered series, primarily to realized monthly and seasonal sums in 2014. For the evaluation of the statistical significance of considered rainfall series was used the classical procedure of application of theoretical probability distribution function. Quantitative indicators of statistical significance of achieved precipitation sums in 2014 are

shown through the return periods in years. At the end are presented the numerical indicators of all significant heavy rainfalls in rainy episodes, of monthly and seasonal precipitation sums.

Key words: heavy rainfalls, rainy episodes, rainfall intensities, monthly and seasonal precipitation sums, statistical significance, statistical exceptions, synoptic situation, weather development, return periods

Adresa autora: ¹⁾ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11226 Pinosava, Beograd

E-mail: stevan.prohaska@jcerni.co.rs

vladislava.bartos@jcerni.co.rs

²⁾ Republički hidrometeorološki Zavod Srbije, Kneza Višeslava 66, 11000 Beograd

E-mail: nedeljko.todorovic@hidmet.gov.rs

dragan.djukic@hidmet.gov.rs

UVOD

Jedan od osnovnih faktora koji je uticao na pojavu čestih značajnih poplava na teritoriji Republike Srbije u navedenom periodu april–septembar 2014. godine jesu obilne i dugotrajne kiše koje su zahvatile uglavnom celu teritoriju. Osnovna karakteristika ovih kiša je ta da su one, sa manjim prekidima, trajale veoma dugo i da su bile zastupljive povremenom pojavom izuzetno jakih intenziteta u kraćim vremenskim razmacima. Broj kišnih dana u ovom periodu prevazilazi do sada zabeležene ekstreme na većini glavnih meteoroloških stanica (GMS).

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 veoma dugotrajne kiše umerenog intenziteta sve po početka maja. Ova kiša, sa kraćim prekidima, trajala je skoro neprekidno 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 je palo na severu Bačke i Banata.

Najveća katastrofalna kiša, sa najtežim 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 teritorijama Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine, ali one nisu obuhvaćene ovom analizom.

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

Krajem jula, od 25. jula do 01. avgusta, kao posledica prolaza dva hladna fronta 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 2. do 7. 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 vezi sa ovim, katastrofalne kiše zahvatile su područje Negotinske nizije sa većim materijalnim posledicama i gubicima ljudskih života. U poređenju sa ovim, posledice ove kiše u slivu Mlave, južnog Banata i na severu Bačke bile su manjeg obima.

Generalno, može se reći da su sve ove kišne epizode imale za posledicu veoma čestu pojavu značajnih poplava na različitim prostorima na teritoriji Republike

Srbije. Neke od ovih poplava bile su katastrofalne, a za posledicu su imale brojne gubitke ljudskih života i ogromne materijalne štete, do sada nezabeležene na našim prostorima. Generalno, može se reći da sve registrovane navedene poplave predstavljaju kombinaciju od izrazito bujičnih poplava u brdsko-planinskim predelima (karakteristične 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. Merodavne padavine koje su mogle izazvati takvu konstelaciju poplava su maksimalni intenziteti kiša različitog trajanja.

U ovom radu daje se detaljan prikaz registrovanih maksimalnih intenziteta različitih trajanja svih navedenih kišnih epizoda koje su prouzrokovale pojavu poplava na teritoriji Republike Srbije u naznačenom periodu. U vezi sa ovim, korišćeni su oficijelni podaci o časovnim vrednostima padavina na glavnim meteorološkim stanicama 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 periode od kada pluviograf radi do zaključno sa 2008. godinom. Za sve ove epizode jakih kiša koje su se pojavile u periodu maj–septembar 2014. godine prikazane su karte izohijeta ukupnih suma padavina.

Napominjemo da uzrok razmatranih poplava nisu samo kiše jakog intenziteta već i neočekivana veoma učestala pojava kiše, koja je tokom perioda, skoro neprekidno, odnosno sa manjim prekidima, kvazi-kontinuirano padala. Za posledicu imamo da je registrovan relativno mali broj beskišnih dana, kojih je bilo manje nego kišnih skoro na svim razmatranim GMS na područjima ugroženim poplavom.

UZROCI POJAVE POPLAVA U PERIODU APRIL–SEPTEMBAR 2014. GODINE U SRBIJI

Generalno, glavni uzroci pojave poplava u periodu april–septembar 2014. godine na teritoriji Republike Srbije bile su povremene pojave kiša jakog intenziteta, kao i kiša umerenog intenziteta, a koje su trajale neuobičajeno dugo za to godišnje doba.

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 od 9. do 12. aprila sa ciklonskom cirkulacijom, 14. aprila iznad Srbije i Balkana došlo je 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 (stvara-

nje zatvorene ciklonske cirkulacije) u sklopu prostrane doline i iznad Srbije i Balkana se uspostavila cilonska 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 preko Skandinavije, srednje i delom zapadne Evrope dolazi do prodora hladnog vazduha i jačanje doline i stvaranja zatvorene ciklonske cirkulacije iznad oblasti Alpa. Do 21. aprila iznad Balkana se zadržava 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 sledi porast geopotencijala i temperature i kratkotrajno uspostavljanje grebena sa osom preko Balkana, Egeja i istočnog Sredozemlja. Uveče 23. aprila jača uticaj ciklona iz centralnog Sredozemlja, a zatim se do 30. aprila iznad Srbije i Balkana zadržava ciklonska cirkulacija u sklopu prostranog ciklona sa centrom iznad severa Skandinavije. U analiziranom 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 Kuršumljija, 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 manji 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 (produbio) se 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). Ovom prilikom ciklon je odstupio od najčešće putanje koju imaju đenovski cikloni, to je pravac Crnog mora, gde se konačno gasi. Glavna oblačna i kišna zona bila je 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 usloвила, 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 5. 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 usloвило 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 prolazi slabo izražen hladni front u sklopu ciklona iz istočne Evrope. Od 12. juna počinje izraženiji pad geopotencijala, a u prizemlju pritiska, a 13. i 14. juna prolaze sa severozapada dva dobro izražena hladna fronta koji uslovljavaju značajan pad temperature. Iznad srednje i zapadne Evrope produbljava se dolina, a iznad Srbije se 14. juna uspostavlja jugozapadno strujanje i zadržava do 18. juna, a zatim sa prolaskom ose doline preovlađuje zapadno i severozapadno strujanje. Od 12. do 20. juna iznad Srbije i Balkana je veoma nestabilna vazдушna masa. U posmatranom periodu u Srbiji su preovlađivale konvektivne padavine, lokalno s velikom količinom. Po ukupnim količinama padavine su retko prelazile granicu od 100 mm/m², u toku ove kišne epizode. 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, s 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 počinje uticaj ciklonske cirkulacije sa nestabilnom vazдушnom masom. U prizemlju se zadržava slabo izražena ciklonska cirkulacija. Od 25. do 27. centar cirkulacije na većim visinama je iznad zapadne Evrope, a iznad Srbije i Balkana je jugozapadno strujanje. U prizemlju 27. jula iz Sredozemlja preko Srbije prolaze 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 1. 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 položajima GMS Beograd, Banatski Karlovci, Vršac, Veliko Gradište, Crni Vrh i Smederevska Palanka. U centru kišne epizode visina je dostizala i do 240 mm/m², dok se po obodu naznačenog prostora ona kretala oko 90 mm/m². Drugi centar kiše registrovan je na području Valjeva oko 120 mm/m². 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. 2014. godine izazvao, na određenim

lokalitetima, pojavu padavina koje su za trajanje kiše od 6 dana, prevazišle odgovarajuće višegodišnje mesečne proseke. Pojava ciklona iznad Srbije posledica je zadržavanja nestabilne vazdušne mase na periferiji ciklonske cirkulacije iz zapadne Evrope uz kratkotrajni porast geopotencijala i temperature 2. avgusta. Do 5. avgusta zadržava se jugozapadno visinsko strujanje, a 6. i 7. avgusta sa prolaskom doline uspostavlja se severozapadno strujanje i dolazi do priliva malo hladnijeg vazduha. Dana 3. i 5. 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 ograničenim sa GMS Valjevo i Loznica, zatim u na severu Bačke u okolini GMS Palić i na užem području Zlatibora. Sa hidrološkog stanovišta nije došlo do upozoravajućih nivoa vode ni na jednom vodotoku u Srbiji.

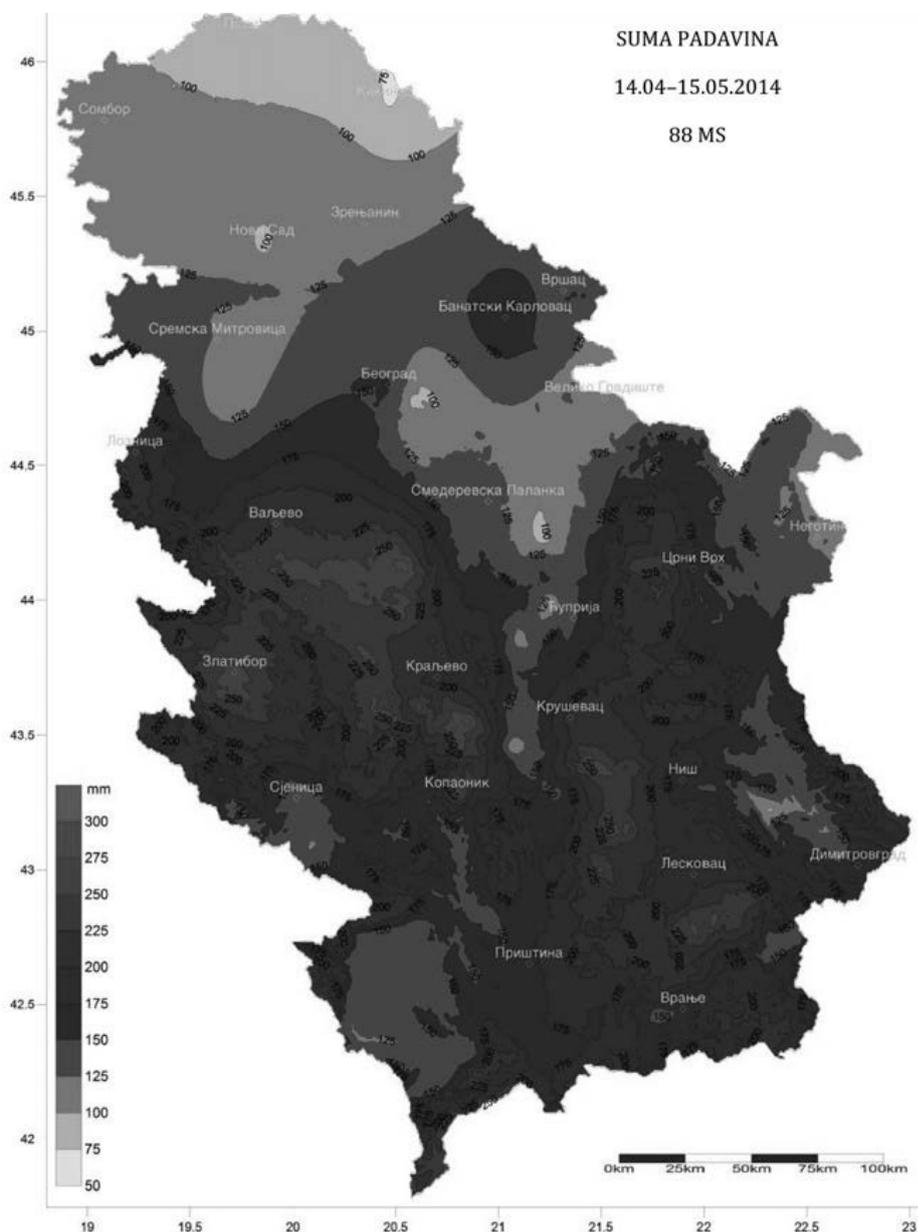
Druga po značajnosti posledica koje je izazvala gubitak ljudskih života i materijalne štete bila je kišna epizoda koja se pojavila u periodu od 11. do 17. septembra 2014. godine. Posledica je vremenske situacije koja se karakteriše time da se do 10. septembra područje Srbije nalazilo pod uticajem slabogradientne ciklonske cirkulacije i nestabilne vazdušne mase sa čestom pojavom kiše, pljuskova i grmljavine. Od 11. septembra sledi dalji pad geopotencijala i jačanje uticaja ciklona iz zapadne Evrope, čiji se centar do 14. avgusta preko oblasti Alpa sporo premeštao ka zapadu Balkana. Iznad Srbije preovlađuje južno strujanje. Od 12. do 14. septembra preko Srbije prolazi 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/m². Druga dva manja centra kiše, od 100 mm/m² registrovana su u okolini GMS Palić i na ušću Velike Morave. Usled ekstremnih

velikih padavina na području istočne Srbije došlo je do velikih porasta vodostaja i izlivanja bujičnih vodotoka, posebno u regionu Tekije, Gornjeg Milanovca, Grabovice i Negotina, a umereni porasti vodostaja registrovani su na Peku, Crnom i Belom Timoku.

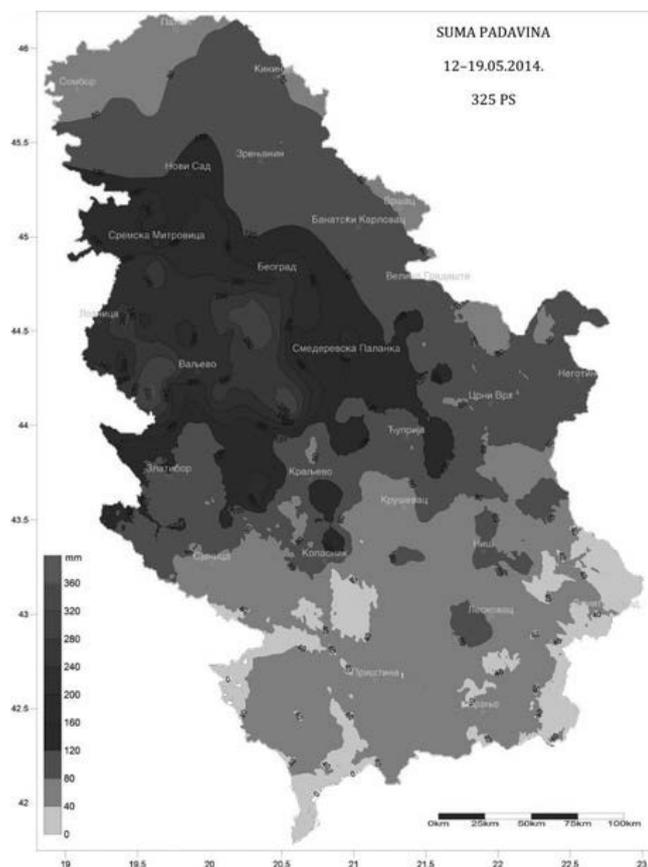
PRIKAZ KARAKTERISTIKA KIŠA U PERIODU APRIL–SEPTEMBAR 2014. GODINE U SRBIJI

Kvantitativne karakteristike maksimalnih kišnih epizoda koje su izazvale pojavu poplava

Za potrebe analize karakteristika jakih 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, kao i podaci o dnevnim sumama padavina na 450 padavinskih stanica. Prostorni položaj glavnih meteoroloških stanica sa kojih su korišćeni podaci prikazan je na priloženim kartama (slike 1–6), na kojima su, takođe, prikazane izolinije (izohijete)



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

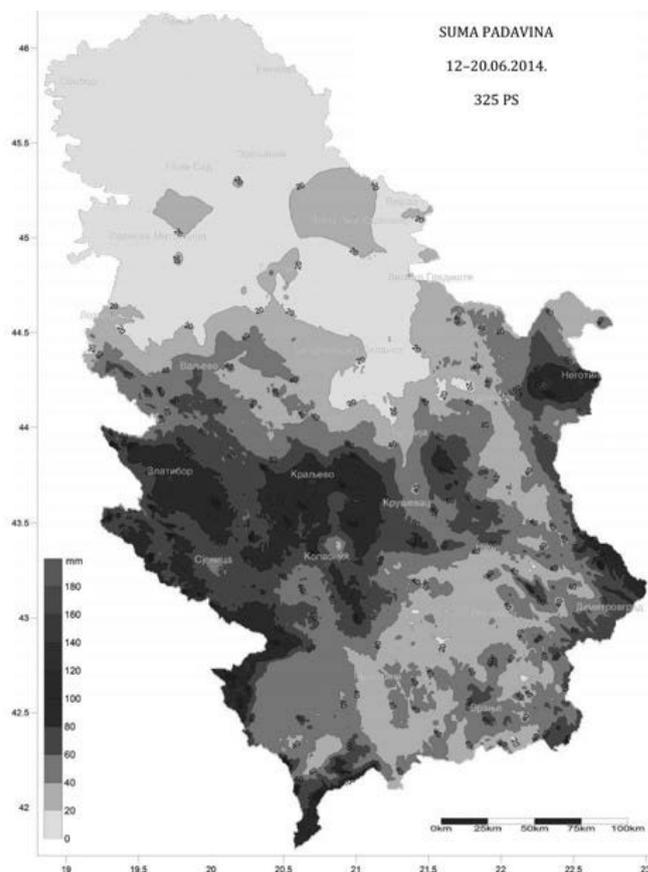


Slika 2. Suma padavina 325 PS, 12–19.05.2014.

visina padavina registrovanih za vreme pojave razmatranih 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 na slici, kiša je zahvatila čitav prostor Republike Srbije. Značajne količine ukupne pale kiše, koje prevazilaze granicu od 150 mm, zahvatile su više od polovine teritorije Srbije, a padavine veće od 100 mm, što je više od višegodišnjeg proseka za april na svim GMS, zahvatile su skoro celu njenu teritoriju, sa izuzetkom severne Bačke i severnog Banata. Najveće zabeležene padavine bile su u planinskim regionima Srbije, a od GMS najviše registrovane padavine u razmatranoj kišnoj epizodi bile su na Zlatiboru (239.6 mm), u Valjevu (214.2 mm), u Loznici (207.6 mm), u Kruševcu (200.6 mm), Kraljevu (195.5 mm), Požegi (187.9 mm) itd. Zahvaljujući činjenici da je period, koji je prethodio ovoj značajnoj kišnoj epizodi, bio relativno suv, bez značajnijih padavina, ova kišna epizoda iako značajna nije izazvala značajnije hidrološke probleme na rekama u Srbiji.

Na slici 2 prikazana je karta izohijeta ukupnih suma padavina za maksimalnu kišnu epizodu iz maja 2014. godine. Na osnovu nje može se konstatovati da su na prostoru Republike Srbije u maju najintenzivnije kiše zahvatile slivove Jadrta i Kolubare. Najveće registrovane visine padavina u periodu pojave ove kiše zabeležene su na glavnim meteorološkim stanicama u Loznici (188.3

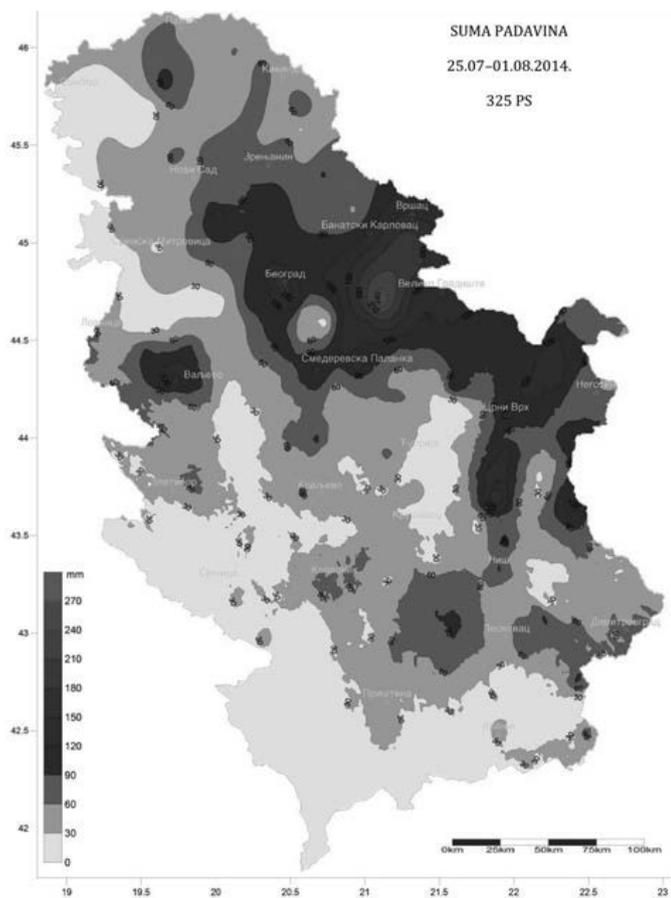


Slika 3. Suma padavina 325 PS, 12–20.06.2014.

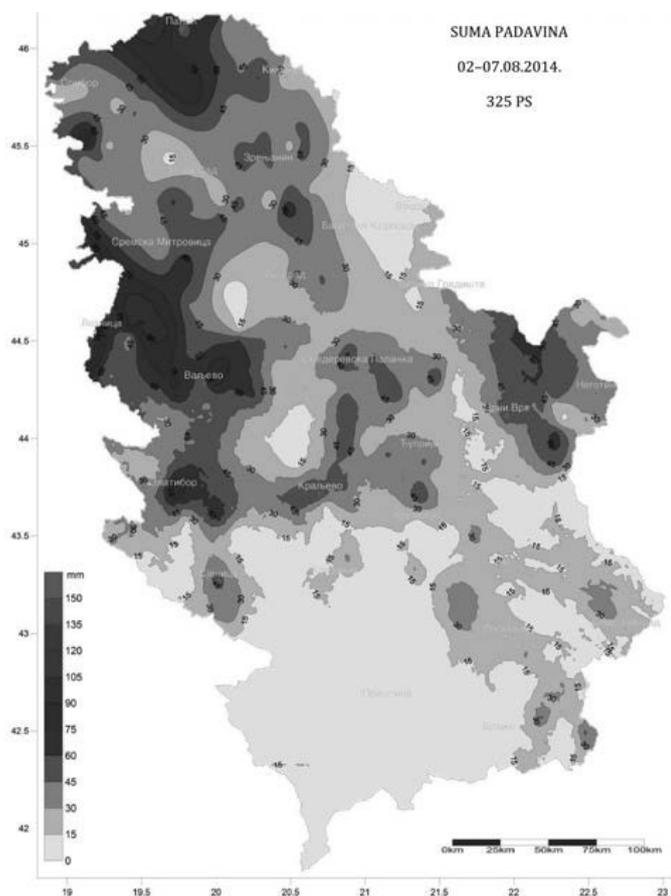
mm), zatim na Opservatoriji Beograd (179.1 mm), u Valjevu (179.0 mm), Rimskim Šančevima (133.8 mm), Smederevskoj Palanci (130.8 mm) itd. Položaj izohijeta ukazuje da su najveće količine padavina izlučene u centru sliva Trešnjice (pritoke Drine) oko 320 mm, zatim u zoni Krupnja i u slivu Ljiga oko 280 mm. Padavine više od 200 mm zahvatile su veći deo Šumadije i neposredan sliv reke Drine od Rogaćice 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 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.

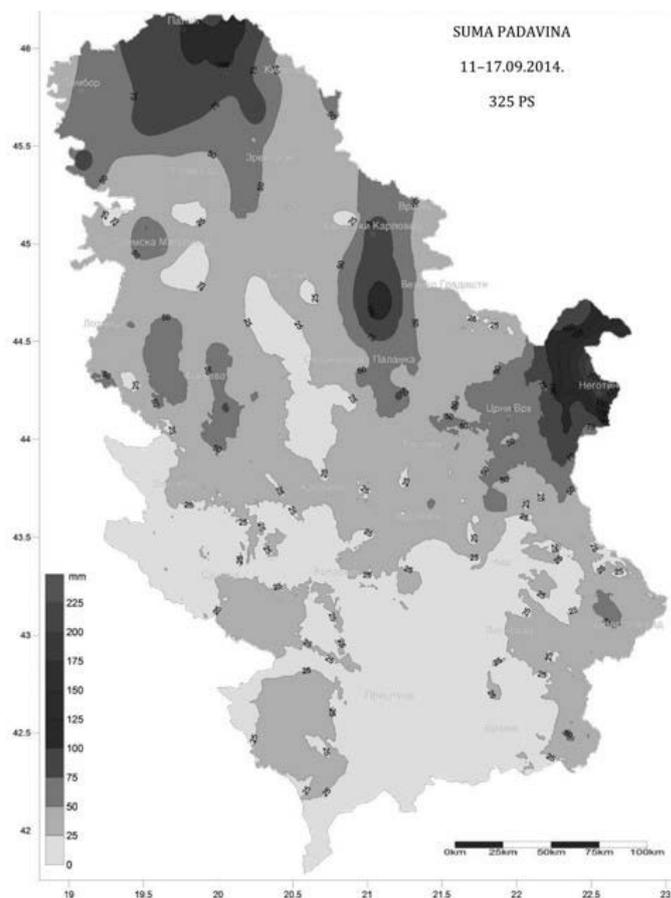
Za maksimalnu kišnu epizodu u julu 2014. godine, za koju je karta izohijeta ukupnih suma padavina data na slici 4 može se reći da je zahvatila teritoriju neposrednog sliva Dunava, od Novog Sada do Kladova, sa tri manja lokaliteta centra kiše kod Valjeva, Boljevca i na Crnoj planini. Maksimalno registrovane sume padavina na GMS bile su u Beogradu (149.9 mm), na Crnom Vrh (129.4 mm) i Smederevskoj Palanci (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.



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



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



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

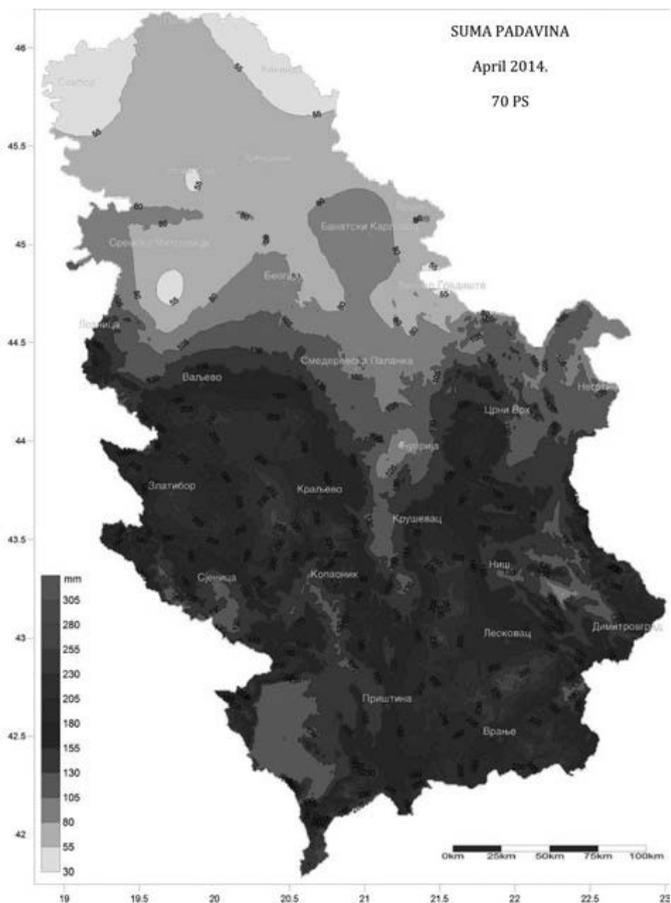
Maksimalna kišna epizoda koja se pojavila početkom avgusta 2014. godine zahvatila je znatno manji prostor i bila je manjeg obima padavina, što se može videti na slici 5. Centri kiše bili su u slivovima Jadra i gornjeg dela sliva Kolubare, zatim na severu Bačke u okolini Subotice i na Zlatiboru. Najveća količina padavina zabeležena je na GMS Loznica (85.2 mm), naznačeni centri kiše karakterišu se pojavom kiše većom od 60 mm, dok su u slivu Jadra u centru kiše sume padavina bile veće od 90 mm.

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 su ostala dva centra kiše bila reda veličine suma padavina od oko 100 mm. Najveće sume padavina na GMS zabeležene su u Negotinu (157.7 mm), zatim na Paliću (85.6 mm) i u Banatskom Karlovcu 79.4 mm.

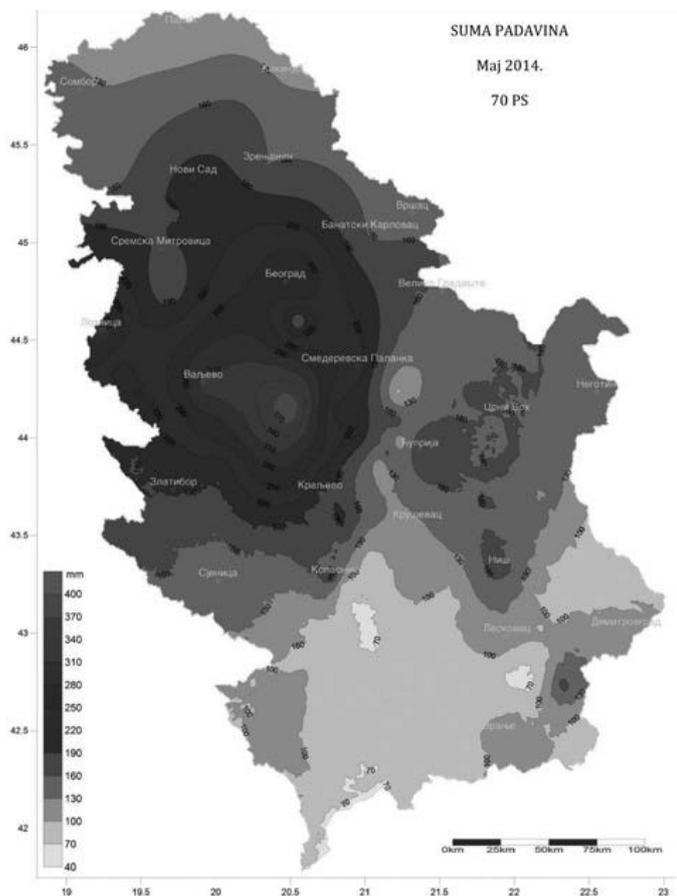
KVANTITATIVNE KARAKTERISTIKE MESEČNIH SUMA PADAVINA

Analogno prethodnom slučaju, kvantitativne karakteristike mesečnih suma padavina u navedenom periodu prikazane su na isti način preko odgovarajućih intenziteta i numeričkih vrednosti registrovanih mesečnih suma padavina.

Karta izohijeta mesečne sume padavina za april 2014. godine prikazana je na slici 7. Kao što se vidi, kiša



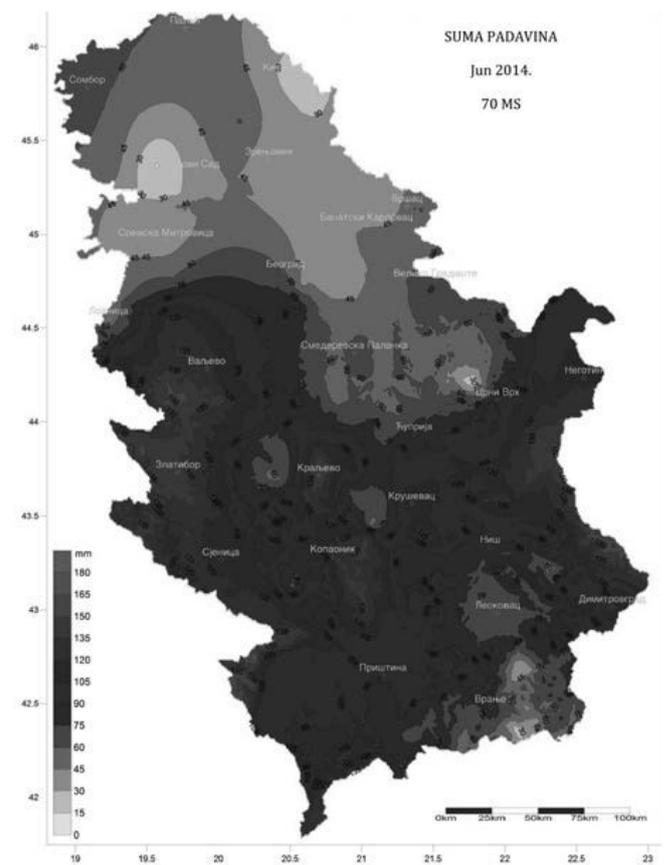
Slika 7. Mesečne sume padavina u aprilu 2014. godine



Slika 8. Mesečne sume padavina u maju 2014. godine

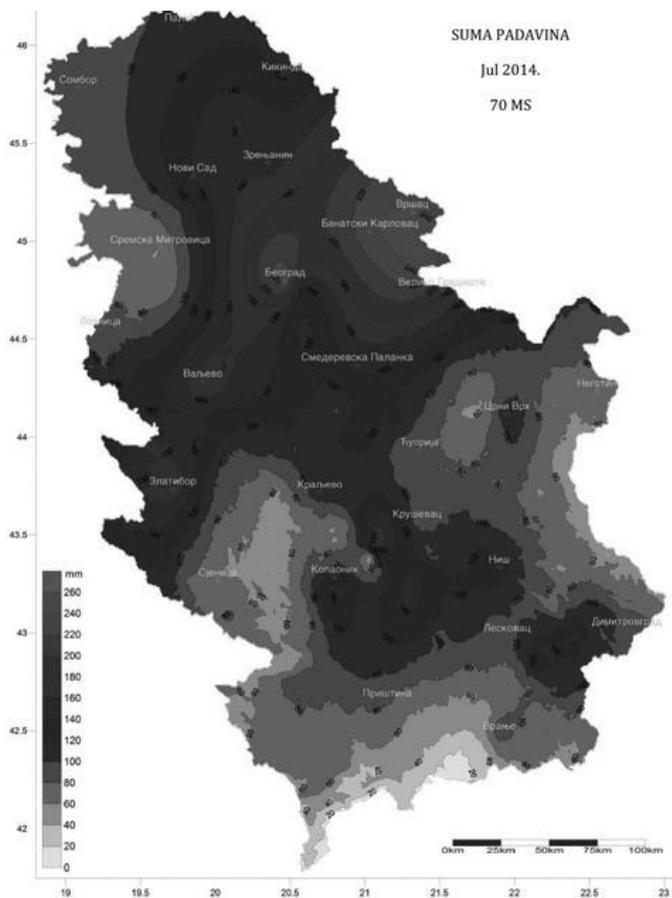
u aprilu je zahvatila čitav prostor Republike Srbije. Više od polovine teritorije Srbije bilo je zahvaćeno kišom čija je ukupna količina bila veća od 150 mm. Preostala teritorija, osim Vojvodine, zahvaćena je nešto slabijom kišom, čija je ukupna količina bila veća od 100 mm, što je više od višegodišnjeg proseka za april na bilo kojoj od GMS. Najveće zabeležene padavine u aprilu bile su u planinskim regionima Srbije, a GMS na kojima je registrovano najviše padavina su: Zlatibor (201.8 mm), Kruševac (177.1 mm), Kraljevo (173.5 mm), Vranje (170.0 mm), Valjevo (167.8 mm), Požega (165.7 mm) itd.

Na slici 8 prikazana je karta izohijeta mesečnih suma padavina za maj 2014. godine. Na osnovu nje može se konstatovati da su na prostoru Republike Srbije u maju najintenzivnije kiše zahvatile slivove Kolubare, nepredan sliv donje Drine, zatim leve pritoke Velike Morave i područje Srema i okoline Beograda. Najveće registrovane visine padavina u periodu pojave ove kiše zabeležene su na GM stanicama: Valjevo (285.5 mm), Loznica (271.3 mm), Beograd (248.5 mm), Kragujevac (231.6 mm), Smederevska Palanka (199.6 mm) itd. Položaj izohijeta ukazuje na to da su najveće količine padavina izlučene u trouglu Valjevo, Smederevska Palanka i Kraljevo.

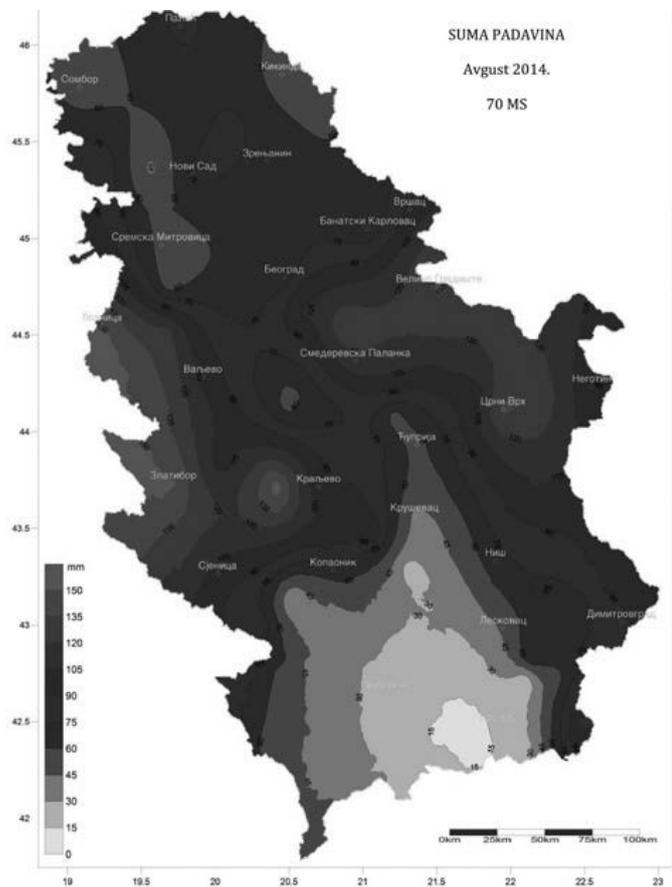


Slika 9. Mesečne sume padavina u junu 2014. godine

Prostorni položaj izohijeta mesečne sume padavina iz juna 2014. godine, prikazan na slici 9, ukazuje na to da su padavine veće od 100 mm zahvatile uglavnom sve planinske regione na teritoriji Republike Srbije. Podaci osmatranja na GMS pokazuju da su najveće sume padavina zabeležene u Kraljevu (152.2 mm), zatim u Zaječaru (146.4 mm), na Zlatiboru (129.5 mm), u Valjevu (116.4 mm), u Požegi (114.3 mm) itd.

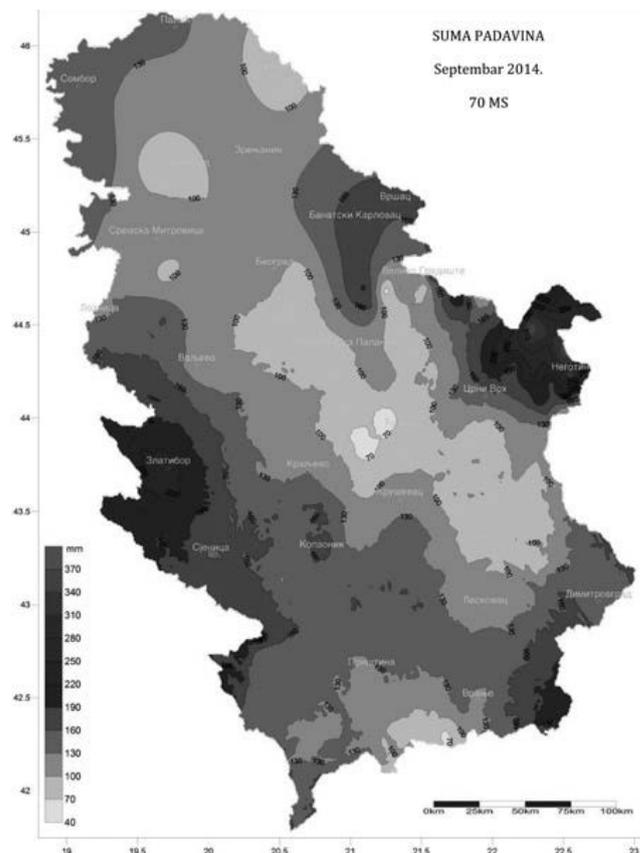


Slika 10. Mesečne sume padavina u julu 2014. godine



Slika 11. Mesečne sume padavina u avgustu 2014. godine

Karta izohijeta ukupnih suma padavina za mesec jul 2014. godine, koja je data na slici 10, ukazuje na to da su najveće padavine zahvatile slivove Kolubare, levih pritoka Velike Morave, sliv reke Tise i teritoriju neposrednog sliva Dunava od Novog Sada do Kladova. Centri najvećih padavina bili su u južnom Banatu i u okolini Beograda. Najveće registrovane sume padavina u julu zabeležene su na GMS: Beograd (244.5 mm), Valjevo (183.9 mm), Veliko Gradište (167.2 mm), Crni Vrh (166.0 mm), Smederevska Palanka (164.1 mm) i Banatska Palanka (153.8 mm).



Slika 12. Mesečne sume padavina u septembru 2014. godine

Značajne padavine u avgustu 2014. godine zahvatile su znatno manji prostor i bile su manjeg obima, što se može videti na karti izohijeta ostvarenih suma padavina za mesec avgust na slici 11. Centri kiše bili su u neposrednom slivu Drine od Jadra do Zaltibora, zatim u okolini Kraljeva i u donjim delovima slivova Mlave, Peka i Porečke reke. Najviše padavina zabeleženo je na GMS Loznica (114.9 mm), iako se na karti vide i područja sa značajnijim padavinama zabeleženim na običnim kišomerima.

Karta izohijeta mesečnih suma padavina za septembar 2014. godine prikazana je na slici 12. Sa gledišta zahvaćenog prostora, padavine u septembru bile su skromnih razmera i pojavila su se samo tri centra kiše: u Negotinskoj niziji, na Zlatiboru i u južnom Banatu. Najintenzivnije kiše bile su na području Negotinske nizije od 200 mm pa do preko 300 mm, dok su na Zlatiboru padavine bile reda veličine oko 150 do 250 mm, a u južnom Banatu oko 150 mm.. Najveće sume padavina zabeležene su na GMS: Negotin (250.7 mm), Požega (174.8 mm), Kuršumlija (143.1 mm) i Sjenica (140.0 mm).

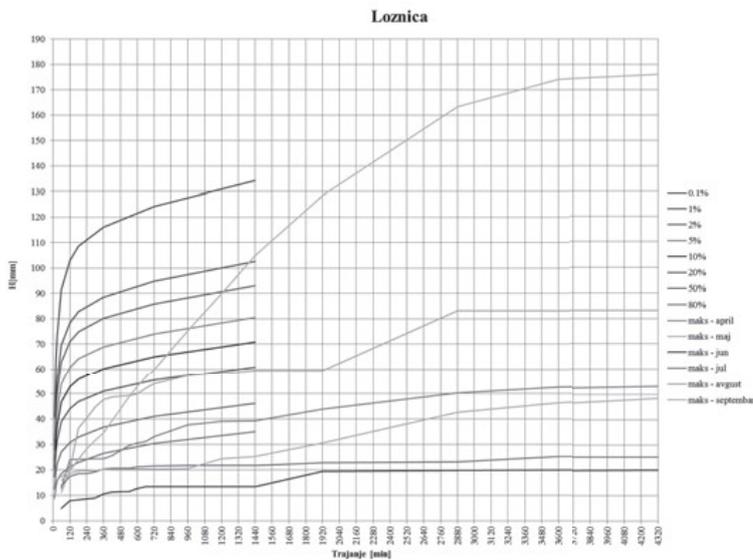
OCENA STATISTIČKE ZNAČAJNOSTI REGISTROVANIH KIŠA EKSTREMNIH KIŠNIH EPIZODA

Za sagledavanje strukture registrovanih 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, za čije sagledavanje su potrebni intenziteti kiša kraćih trajanja iskazani u mm/min. Ocena statističke značajnosti ostvarenih maksimalnih intenziteta razmatranih kišnih epizoda na celom prostoru izvršena je pomoću postojećih najnovijih statističko-probabilističkih obrada prezentiranih u monografiji *Intenziteti jakih kiša u Srbiji*, autora S. Prohaska, V. Bartoš Divac, sa saradnicima, Beograd, 2014. U ovoj dokumentaciji su na bazi odgovarajuće statističko-probabilističke analize formirane zavisnosti maksimalnih visina kiše u funkciji trajanja kiše i verovatnoće pojave, tzv. HTP krive za svih 30 navedenih pluviografskih stanica. Ove zavisnosti predstavljaju osnovnu podlogu za ocenu statističke značajnosti

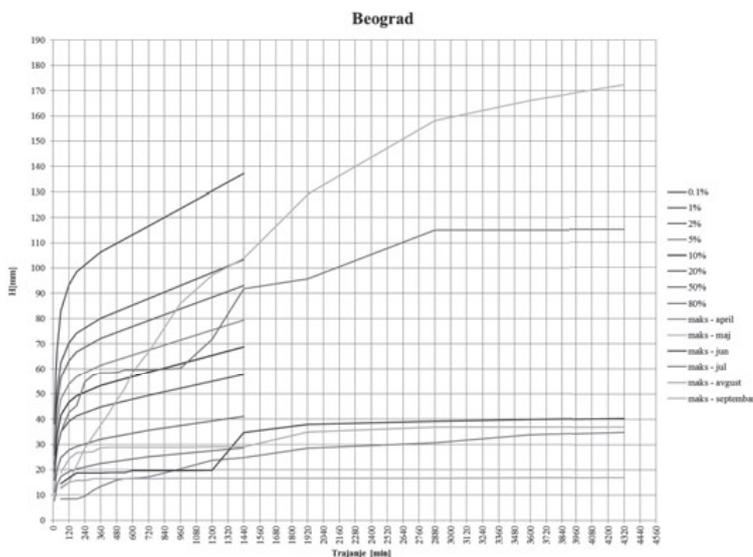
registrovanih maksimalnih kišnih epizoda u navedenom šestomesečnom periodu u 2014. godini.

U konkretnom slučaju, ocena statističkih značajnosti osmotrenih maksimalnih kišnih epizoda u 2014. godini izvršena je na svim glavnim meteorološkim stanicama. Pri grafičkom prikazu rezultata analize vođeno je računa da se prikažu rezultati samo na glavnim meteorološkim stanicama koje su bile najbliže centru registrovanih maksimalnih kišnih epizoda, a koje su izazvale poplave na određenom području ili samo značajniji porast vodostaja na manjim vodotocima u razmatranom vremenskom periodu april–septembar 2014. godine. Saglasno navedenom, rezultati ove analize prikazani su na slikama br. 13–21 u vidu uporednog dijagrama ostvarenih maksimalnih intenziteta (visina) kiša za navedene kišne epizode i odgovarajućih statističko-probabilističkih zavisnosti maksimalnih visina kiše u funkciji trajanja kiše i verovatnoće pojave, i to za sledeće glavne meteorološke stanice:

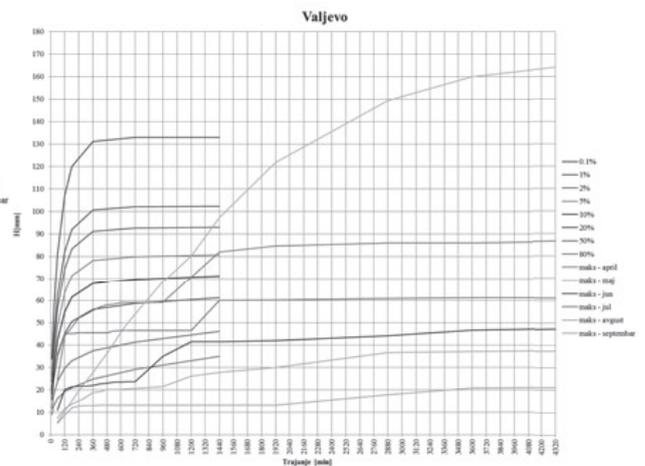
1. Loznica – LOZ
2. Beograd – BEG
3. Valjevo – VAL
4. Niš – NIŠ
5. Negotin – NEG
6. Rimski Šančevi – RŠN
7. Kraljevo – KRA
8. Kruševac – KRU
9. Banatski Karlovac – BK



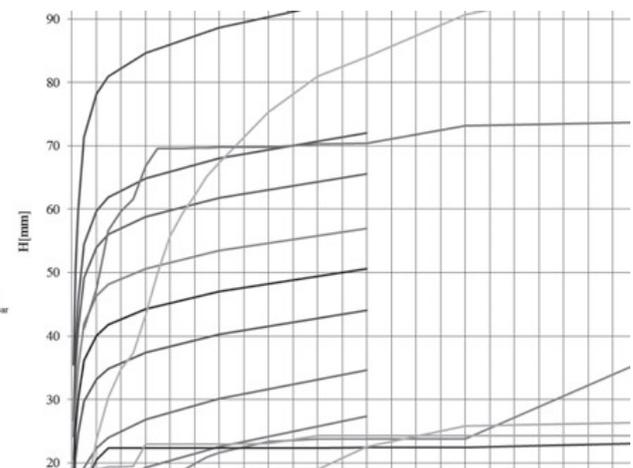
Slika 13. HTP kriva za Loznicu



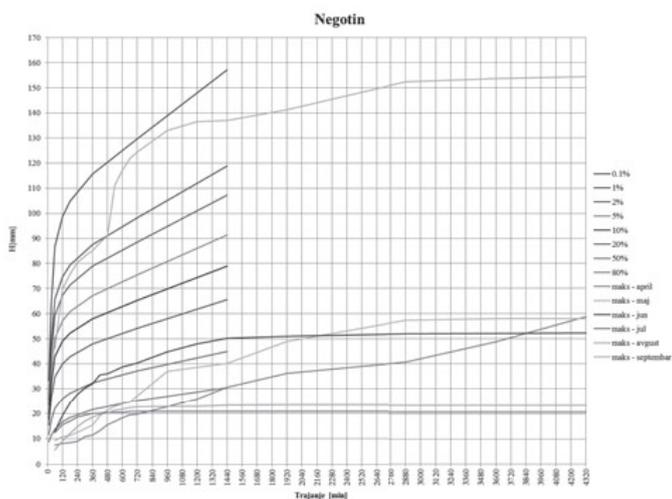
Slika 14. HTP kriva za Beograd



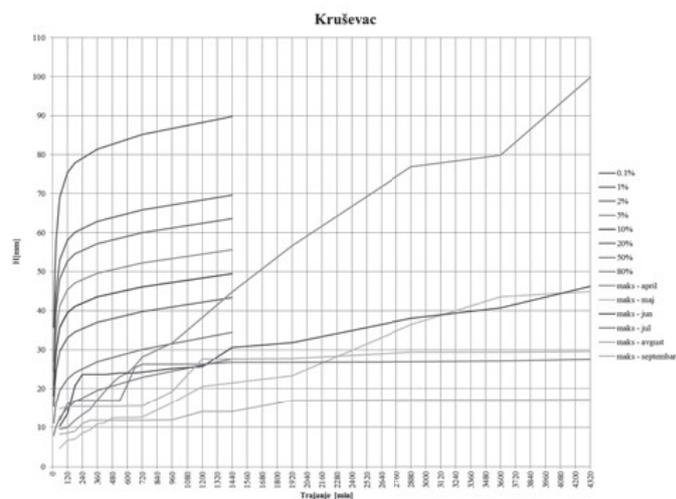
Slika 15. HTP kriva za Valjevo



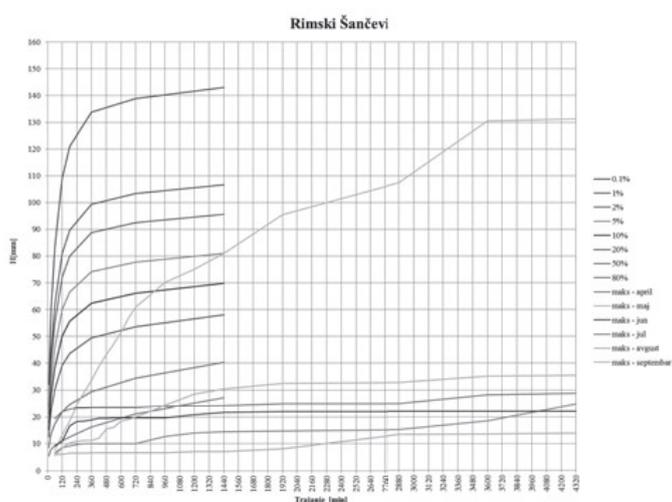
Slika 16. HTP kriva za Niš



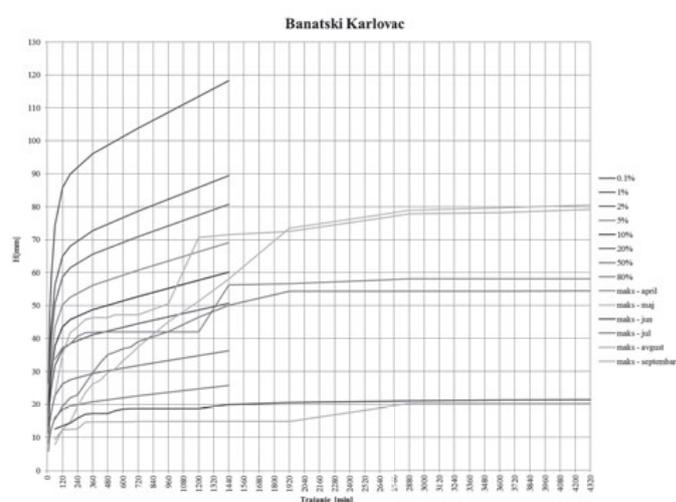
Slika 17. HTP kriva za Negotin



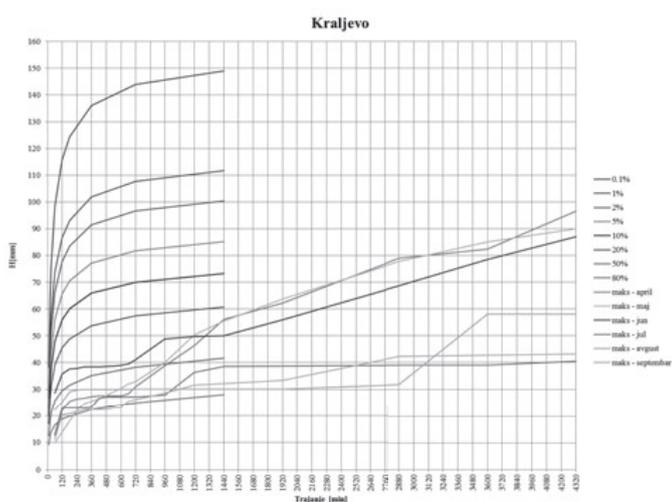
Slika 20. HTP kriva za Kruševac



Slika 18. HTP kriva za Rimske Šančeve



Slika 21. HTP kriva za Banatski Karlovac



Slika 19. HTP kriva za Kraljevo

Numerički pokazatelji rezultata uporedne analize ostvarenih i probabilističkih maksimalnih visina kiša za različita trajanja kiše dati su u tabeli br. 1. U vezi sa ovim, odabrane su samo one GMS (najbliže centrima kiše) sa registrovanim najznačajnijim kišama u toku razmatrane epizode. Rezultati su prikazani hronološkim

redom, saglasno gore navedenom prikazu pojava jakih kišnih epizoda, sa odabranom GMS gde su ostvarene kiše bile statistički značajnije. U tabeli su dati i iznosi visina registrovanih kiša u periodu trajanja razmatrane kišne epizode – Pep, zatim prosečne višegodišnje vrednosti visina kiše u mesecu kada se ta kišna epizoda prioritarno pojavila – \bar{P} , kao i njihov odnos Θ . U istoj tabeli su prikazane, takođe, i maksimalne visine ostvarenih kiša u mm, odgovarajući povratni periodi u godinama – $T(g)$ za različita trajanja kiše od 1, 3, 6, 12, 24, 48 i 72 sata.

Na osnovu prikazanih grafika i numeričkih podataka u tabeli 1, može se doći do sledećih zaključaka o statističkoj značajnosti registrovanih kišnih epizoda u periodu od aprila do septembra 2014. godine:

– Kišna epizoda iz aprila trajala je bez većih prekida relativno dugo (21 dan), a ukupne sume registrovanih padavina na većim GMS znatno prevazilaze prosečne višegodišnje vrednosti za april. Na navedene tri GMS ukupne pale količine u kišnoj epizodi su za preko 200% više od višegodišnjeg proseka, a na GMS Kruševac za više od 250%. Međutim, maksimalni intenziteti kiše u toj kišnoj epizodi bili su statistički beznačajni, sa povratnim periodom od 1 do 5 godina, a najveći maksimalni intenzitet registrovan je za trodnevnu kišu na GMS Kruševac koja

Tabela 1. Prikaz statističke ocene značajnosti ostvarenih maksimalnih kiša na teritoriji Srbije u 2014. godini

GMS	\bar{P}			1h		3h		6h		12h		24h		48h		72h	
	\bar{P}	P_{ep}	Θ	mm	T(g)	mm	T(g)	mm	T(g)	mm	T(g)	mm	T(g)	mm	T(g)	mm	T(g)
15.04–05.05. 2014.																	
KRA	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
KRU	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
VAL	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
12–19.05.2014.																	
LOZ	79.2	188.3	2.38	11.1	1	24.2	<2	34.5	<2	59.8	7	105.0	125	163.4	1000	176.1	450
BEG	67.8	179.1	2.64	12.5	1	21.8	1	37.3	2	66.8	20	103.9	100	158.2	400	172.3	625
NIŠ	64.7	106.2	1.64	13.1	1	30.3	3	43.3	10	67.3	100	84.0	50	96.8	80	100.1	80
RŠN	57.8	133.8	2.31	7.5	1	18.4	<2	33.5	2	60.9	8	81.1	20	107.5	50	131.3	110
VAL	80.7	179.0	2.12	5.5	1	15.0	1	27.7	<2	53.8	3	97.4	60	149.4	400	164.2	650
12–20.06.2014.																	
KRA	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
ZAJ	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.																	
BEG	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.																	
LOZ	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
11–17.09.2014.																	
BK	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
NEG	43.0	157.7	3.67	46.1	20	75.7	70	85.1	90	124.4	670	136.9	300	152.4	250	154.5	80

odgovara 40-godišnjem povratnom periodu. Statistička značajnost ukupne pale kiše je znatno veća, što se može videti iz vrednosti povratnih perioda registrovane kiše na navedene tri GMS, koji se pod pretpostavkom da su pale u aprilu, kreću od 1000 do 5000 godina.

– U maju je registrovana jaka kišna epizoda sa ekstremnim sumama padavina u relativno kraćem periodu vremena. Ova kišna epizoda trajala je neprekidno do 7 dana. Karakteristična je po tome što su maksimalni intenziteti za kiše kraćeg trajanja do 5–6 sati bili statistički beznačajni, sa izuzetkom kiše u Nišu i Smederevskoj Palanci koji su bili ispod višegodišnjeg proseka. Na GMS Niš 12-časovni maksimalni intenziteti odgovarali su povratnom periodu od 100 godina. Statistički značajnije sume padavina realizovane su za trajanje kiša dužih od 24 časa. Tako, na primer, maksimalne 24-časovne kiše realizovane u Beogradu i Loznici prevazilaze stogodišnje povratne periode, u Valjevu sedamdesetogodišnji, u Nišu pedesetogodišnji, a u Rimskim Šančevima tridesetogodišnji povratni period. Maksimalne visine padavina za 48 časova realizovane su u Loznici, gde izmerena vrednost prevazilazi hiljadugodišnju kišu, zatim slede Beograd i Valjevo sa 400-godišnjom kišom, te Niš sa kišom 80-godišnjeg povratnog perioda. Za trodnevnu kišu registrovanu u Beogradu i Valjevu povratni period je ocenjen na 700 godina. Povratni period realizovane trodnevne kiše u Loznici ocenjen je na 400 godina, a kod Rimskih Šančeva na 100 godina. Sa gledišta poređenja ukupnih palih kiša u razmatranoj kišnoj epizodi i prosečnih višegodišnjih vrednosti kiše u maju može se reći da ukupne sume u kišnoj epizodi, takođe, značajno prevazilaze višegodišnje proseke. Na navedenim GMS taj odnos kreće se od 1.64

do 2.64, odnosno padavine u kišnoj epizodi su veće za od 64% do 164%. Sa stanovišta statističke značajnosti registrovanih kiša u maju, one odgovaraju povratnim periodima mesečnih suma od 70 (Niš) do 800 godina.

– U kišnoj epizodi u junu, koja je, sa većim ili manjim prikidima, trajala oko 9 dana, ukupne sume padavina uglavnom su manje od odgovarajućeg višegodišnjeg proseka, sa izuzetkom GMS navedenim u tabeli br. 1, gde je na GMS Kraljevo ona veća za 27%, a na GMS Zaječar za 11%. U toku cele kišne epizode, za razmatrana trajanja kiše, maksimalni intenziteti nisu bili statistički značajni. Najznačajniji je registrovani jednočasovni intenzitet na GMS Zaječar koji odgovara 20-godišnjem povratnom periodu. U poređenju sa mesečnim kišama, povratni period ostvarenih suma padavina u kišnoj epizodi u odnosu na junske mesečne sume je reda veličine uglavnom manjim od 10 godina.

– Jake kiše u julu, koje su trajale 8 dana, zahvatile su nekoliko manjih područja, a najznačajniji maksimalni intenziteti registrovani su na GMS Beograd i GMS Niš. Maksimalni intenzitet 12-časovne kiše u Nišu odgovara 150-godišnjem povratnom periodu, a 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 ekstremne za više od 100%, a njihovi povratni periodi, u odnosu na mesečne sume, iznose za Beograd 16 godina i za Niš 12 godina.

– Kišna epizoda registrovana u avgustu u trajanju od 5 dana, sa gledišta maksimalnih intenziteta, nije bila statistički značajna, sa maksimalnim povratnim periodom od 9 godina za dvodnevnu kišu registrovanu na GMS

Loznica. Ukupna registrovana suma na ovoj stanici je reda veličine višegodišnjeg mesečnog proseka.

– Druga po statističkoj značajnosti jakih kiša u 2014. godini zahvatila je znatno uži prostor, na 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 270% više kiše nego što iznosi prosečna višegodišnja vrednost sume padavina za septembar. Za drugi centar kiše u okolini GMS Banatski Karlovac ovaj odnos iznosi 1.41, tj. više je palo za 41% od višegodišnjeg proseka. Najznačajniji maksimalni intenziteti na GMS Negotin registrovani su za 12-časovno trajanje kiše, gde povratni period ostvarene kiše iznosi oko 670 godina, a za 24-časovnu kišu 300 godina i 48-časovnu 250 godina. Kod GMS Banatski Karlovci najveći ostvareni maksimalni intenzitet je za 24-časovno trajanje, a povratni period ove kiše iznosi 25 godina. Povratni periodi ostvarenih ukupnih suma padavina u razmatranoj kišnoj epizodi u odnosu na ukupne mesečne sume padavina u septembru iznose za GMS Negotin 30 godina, a za GMS Banatski Karlovac 7 godina.

MESEČNIH I SEZONSKIH SUMA PADAVINA

Za razmatrani kišni period april–septembar 2014. godine, uporedo sa analizom statističke značajnosti visina kiša maksimalnih kišnih epizoda, rađena je i analiza statističke značajnosti mesečnih suma padavina, zatim dvomesečnih, tromesečnih, pa sve do šestomesečnih suma padavina. U vezi sa ovim, korišćeni su podaci RHMZ Srbije sa GMS i to vremenske serije mesečnih suma padavina registrovanih u periodu 1946–2014. godine.

Preliminarnom analizom prikupljenih vremenskih serija mesečnih suma padavina uočeno je da na velikom

broju GMS registrovane mesečne sume padavina u 2014. godini znatno prevazilaze dosadašnje ekstreme u postojećim vremenskim serijama iz perioda 1946–2013. godine. Zbog toga je prvo urađena statistička provera da li se ti registrovani ekstremi u 2014. godini mogu svrstati u kategoriju statističkih izuzetaka. Pri tome je korišćen statistički test Grubsa i Beka (Bobee i Ashkar, 1991). Rezultati te analize prikazani su u tabeli 2.

Na osnovu prikazanih rezultata iz tabele 2 može se zaključiti da se u mesečnim sumama padavina u periodu april–septembar 2014. godine na razmatranih 27 GMS 17 puta pojavio statistički značajan izuzetak. Do 2014. godine su se u serijama mesečnih suma padavina u periodu april–septembar pojavili samo dva puta statistički značajni izuzeci i to u aprilu 2001. godine na GMS Leskovac i u julu 1999. godine na GMS Beograd, kada je izuzetak bio za 7% veći od odgovarajućeg izuzetka iz 2014. godine. Ostvareni statistički izuzeci u 2014. godini su u proseku preko 30% veći od do sada registrovanih maksimuma, a najveće povećanje zabeleženo je na GMS Beograd u maju i na GMS Negotin u septembru.

Ovakvo značajna povećanja ekstremnih maksimalnih vrednosti u serijama mesečnih suma padavina imaju nepovoljan uticaj pri oceni njihove statističke značajnosti, a pri primeni klasične procedure određivanja povratnog perioda preko teorijskih krivih raspodele verovatnoća. Naime, skoro po pravilu, izuzeci znatno povećavaju koeficijent asimetrije istorijske serije podataka, što ima za posledicu smanjene vrednosti povratnog perioda ostvarenog izuzetka. Osim toga, može se postaviti realno pitanje da li ima smisla ocenjivati povratne periode statističkih izuzetaka primenom klasične procedure sa teorijskim krivama raspodele verovatnoće, kada izuzeci prevazilaze do tada zabeležene ekstremne vrednosti i do 50%. U

Tabela 2. Prikaz ostvarenih statističkih izuzetaka u periodu od aprila do septembra 2014. godine i dosadašnjih maksimuma u razmatranim serijama mesečnih suma padavina

Mesec	GMS	Dosadašnji maksimumi		P ₂₀₁₄ (mm)	Θ	\bar{P} (mm)	σ	K _G	P _G (mm)	Izuzeci	
		P _{max} (mm)	God.							Prvi	Drugi
April	DIM	106.4	1962	142.5	1.34	53.2	26.0	2.9839	133.9	2014	
	KRA	141.4	2001	173.5	1.23	62.3	31.1	2.9839	158.9	2014	
	KRU	132.6	2001	177.1	1.34	57.3	30.6	2.9839	152.3	2014	
	LES	159.1	2001	185.1	1.16	56.0	31.1	2.9839	152.6	2014	2001
	LOZ	123.7	1973	155.9	1.26	64.1	28.6	2.9839	152.9	2014	
	VAL	129.0	1958	167.8	1.30	62.1	27.9	2.9839	148.3	2014	
	VRA	129.7	2001	170.0	1.31	52.3	26.9	2.9839	135.8	2014	
	ZAJ	121.3	1958	139.4	1.15	54.3	27.2	2.9839	138.8	2014	
Maj	ZLA	161.3	1994	201.8	1.25	74.6	35.3	2.9839	184.2	2014	
	KRG	169.7	1970	231.6	1.36	70.8	41.7	2.9839	200.3	2014	
	LOZ	207.3	1961	271.3	1.31	84.2	48.1	2.9839	233.6	2014	
	BEG	169.0	1987	248.5	1.47	71.6	44.9	2.9839	211.0	2014	
	RŠN	133.8	1957	178.9	1.34	61.4	35.7	2.9839	172.3	2014	
Jul	SMP	155.9	1987	199.6	1.28	65.7	37.6	2.9839	182.5	2014	
	VAL	213.2	1957	285.5	1.34	86.6	49.3	2.9839	239.7	2014	
Septembar	BEG	262.5	1999	244.5	0.93	68.5	50.4	2.9839	225.0	1999	2014
	NEG	174.0	1972	250.7	1.44	45.6	43.2	2.9839	179.8	2014	

tom slučaju mogu se dobiti povratni periodi u godinama koji prevazilaze dužinu perioda osmatranja istorijskih serija i za više od 20 puta. Činjenica je da su ove dileme prisutne, ali s obzirom na to da autorima ovoga rada nije poznata neka druga pouzdanija procedura za ocenu povratnih perioda ostvarenih statističkih izuzetaka, uz sve moguće kritike, autori prihvataju klasičnu proceduru ocene povratnih perioda primenom teorijskih funkcija raspodele verovatnoća. Svakako da prihvatanje i korišćenje konačnih rezultata za identifikovane izuzetke treba uzeti uz veliki oprez.

U konkretnom slučaju, za ocenu statističke značajnosti navedenih registrovanih suma padavina u 2014. godini, pa s tim u vezi i identifikovanih ostvarenih statističkih izuzetaka, korišćenjem raspoloživih istorijskih serija sa uključenjem podataka iz 2014. godine, sračunate su teorijske vrednosti suma padavina primenom Pirson III i Log Pirson III zakona raspodele verovatnoća. Na osnovu tih rezultata određeni su povratni periodi svih ostvarenih mesečnih suma padavina u periodu april–septembar 2014. godine, pa i identifikovanih statističkih izuzetaka. Rezultati proračuna statističke značajnosti ostvarenih mesečnih suma padavina iskazani su u vidu odgovarajućih povratnih perioda u tabeli 3.

Na osnovu prikazanih rezultata ocene statističke značajnosti razmatranih mesečnih suma padavina, prezentiranih u tabeli 3, može se zaključiti da su u mesecu aprilu 2014. godine registrovane najznačajnije padavine. Na 27 GMS u Srbiji povratni periodi ostvarenih suma mesečnih padavina u aprilu se kreću u dijapazonu od 2 godine do 300 godina. Statistički veoma značajne mesečne sume padavina, sa povratnim periodom od 300 godina zabeležene su na GMS: Loznica, Dimitrovgrad, Kruševac, Valjevo i Vranje. Mesečne sume padavina sa povratnim periodom od 250 godina registrovane su na GMS: Leskovac, Zaječar i Zlatibor, zatim slede Požega sa 200-godišnjim i Kraljevo sa 170-godišnjim povratnim periodom. Generalno se može zaključiti da su u aprilu mesecu 2014. godine registrovane statistički veoma značajne padavine na veoma širokom prostoru na teritoriji Republike Srbije.

Drugi mesec sa obimnim padavinama, prema statističkoj značajnosti, je mesec maj, kada su registrovane mesečne sume sa najvećim povratnim periodom od 300 godina na GMS Smederevska Palanka. Nešto manje značajnosti, sa povratnim periodom od 250 godina, imaju mesečne sume padavina registrovane na GMS: Beograd, Kragujevac i Valjevo. Zatim slede GMS Loznica sa 150-godišnjim povratnim periodom, pa Rimski Šančevi

Tabela 3. Prikaz rezultata proračuna statističke značajnosti ostvarenih mesečnih suma padavina u periodu april–septembar 2014. godine

GMS	IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	mm	T(god)										
KRG	129.5	50	231.6	250	91.3	3	79.4	3	57.4	3	75.5	5
BK	98.0	25	131.8	13	59.5	<2	153.8	12	42.7	2	127.2	40
CRV	62.5	2	71.8	2	86.0	2	166.0	15	69.3	3	55.8	2
ĆUP	96.3	10	172.6	30	83.3	3	104.7	7	33.7	<2	–	–
DIM	142.4	300	99.5	4	97.1	3	107.3	10	45.5	<2	114.2	18
KIK	35.8	<2	123.3	50	34.5	<2	116.6	13	37.7	<2	68.9	6
KRA	173.5	170	184.3	30	152.2	12	137.7	10	98.1	5	127.9	17
KRU	177.1	300	84.9	3	111.2	5	87.8	5	33.7	<2	35.3	2
KUR	118.5	50	84.9	3	79.2	3	82.9	5	32.8	<2	143.1	50
LES	185.1	250	98.0	7	77.0	3	79.4	8	25.0	<2	115.0	17
LOZ	155.9	300	271.3	150	56.2	<2	89.7	3	114.9	5	115.8	10
NEG	95.3	7	128.8	20	92.4	5	68.5	4	51.8	3	250.7	300
BEG	90.2	10	248.5	250	63.4	<2	244.5	110	48.3	2	117.6	17
NIŠ	120.3	80	168.4	70	78.8	3	147.3	90	53.5	3	81.4	6
RŠN	47.9	2	178.9	125	44.3	<2	111.6	7	28.5	<2	81.1	10
PAL	65.9	7	102.0	17	13.6	1	–	–	70.5	5	112.6	40
POŽ	165.7	200	183.5	70	114.3	5	97.8	3	80.8	5	174.8	100
SJE	103.0	25	129.7	20	70.0	2	48.3	<2	63.9	2	140.0	15
SMP	83.9	10	199.6	300	63.3	<2	164.1	40	53.7	2	79.8	5
SOM	44.0	2	136.8	30	67.5	2	76.5	3	48.2	2	132.5	60
SRM	71.9	6	164.7	70	27.9	1	74.5	3	48.7	2	129.7	25
VAL	167.8	300	285.5	250	116.8	3	183.9	30	64.9	2	103.5	8
VGR	50.5	2	141.1	20	85.1	3	167.2	25	36.3	<2	108.5	15
VRA	170.0	300	122.4	25	109.1	6	72.7	4	16.7	1	122.9	20
ZAJ	139.4	250	124.8	15	146.4	125	68.7	3	68.0	5	115.8	20
ZLA	201.8	250	185.7	70	129.5	4	37.1	1	–	–	–	–
ZRE	74.2	12	147.9	50	43.9	<2	144.0	25	67.1	5	121.1	30

sa 125-godišnjim, Niš, Požega, Sremska Mitrovica i Zlatibor sa 70-godišnjim povratnim periodom itd.

Sledeći mesec po značajnosti ukupnih suma padavina je septembar i to na ograničenom delu teritorije u okolini Negotina, gde su registrovane mesečne sume padavina reda veličine 300-godišnjeg povratnog perioda. Statistički značajne su i padavine koje su registrovane u okolini Požege (100-godišnjeg povratnog perioda). Na ostalim GMS padavine su bile znatno manjeg obima.

Tokom meseca juna zabeležene su značajnije padavine samo u okolini Zaječara (100-godišnjeg povratnog perioda), a u mesecu julu samo u okolini Beograda (110-godišnjeg povratnog perioda). U mesecu avgustu, iako je bilo padavina, ostvarene sume su se kretale oko višegodišnjeg proseka.

Analogne analize urađene su i za sezonske vremenske serije i to: dvomesečne, tromesečne i šestomesečne sprovedene su po istom postupku. Prvo je u svim nave-

denim serijama, sa uključivanjem podatka iz 2014. godine, izvršena identifikacija pojave statističkih izuzetaka, korišćenjem istog testa Grubsa i Beka. Rezultati ove analize prikazani su u tabeli 4. U istoj tabeli dati su prikazi ostvarenih ekstrema razmatranih sezonskih padavina u 2014. godini, kao i dosadašnjih registrovanih ekstrema sa naznakom godine njihovog pojavljivanja. Dati su takođe i odnosi između registrovanih ekstrema u 2014. godini i odgovarajućih dosadašnjih ekstrema. Pored svakog ostvarenog ekstrema navedeni su i meseci na koji se odnose.

Na prvi pogled na tabelu 4 može se videti da su razmatrane sezonske padavine zastupljene sa mnogo većim brojem pojave statističkih izuzetaka u 2014. godini u odnosu na mesečne sume padavina. Na svim GMS za tri razmatrane sezone statistički izuzeci u 2014. godini identifikovani su u 39 slučajeva, što je za 2.2 puta više nego kod šest mesečnih serija. Ova konstatacija samo ukazuje

Tabela 4. Prikaz ostvarenih statističkih izuzetaka u periodu od aprila do septembra 2014. godine i dosadašnjih maksimuma u razmatranim serijama sezonskih suma padavina

Sezona	GMS	Dosadašnji maksimumi		$\sum P_{2014/period}$ (mm)	Θ	$\sum \bar{P}$ (mm)	σ	K_G	$\sum P_G$ (mm)	Izuzeci	
		$\sum P_{max}$ (mm)	God.							Prvi	Drugi
Dvomesečna	KRG	225.4	1970	361.1/IV-V	160	124.2	51.6	2.9839	278.1	2014	
	KRA	276.7	1957	357.8/IV-V	1.29	147.2	53.4	2.9839	306.5	2014	
	KRU	280.2	1957	297.4/IV-V	1.06	131.8	54.9	2.9839	295.6	2014	
	LES	200.1	1970	283.1/IV-V	1.41	119.9	45.3	2.9839	255.1	2014	
	LOZ	283.1	2012	427.2/IV-V	1.51	148.4	63.6	2.9839	338.2	2014	
	NEG	237.4	2005	302.6/VIII-IX	1.27	83.1	56.3	2.9839	251.1	2014	
	BEG	226.2	1987	338.7/IV-V	1.50	126.2	52.1	2.9839	281.6	2014	
	NIŠ	246.6	2012	288.7/IV-V	1.17	120.2	44.0	2.9839	251.5	2014	
	POŽ	225.0	1980	349.2/IV-V	1.55	137.4	48.1	2.9839	280.9	2014	
	SMP	210.3	1987	283.5/IV-V	1.35	116.3	46.7	2.9839	255.6	2014	
	VAL	266.0	1970	453.3/IV-V	1.70	148.5	57.7	2.9839	320.7	2014	
	VRA	209.5	1961	282.4/IV-V	1.35	117.1	44.0	2.9839	248.4	2014	
	ZLA	258.4	1994	387.5/IV-V	1.50	177.6	49.2	2.9839	324.4	2014	
Tromesečna	KRG	401.7	1970	452.4/IV-VI	1.13	203.2	65.7	2.9839	399.2	2014	1970
	KRA	363.4	1970	510.0/IV-VI	1.40	236.9	68.5	2.9839	441.3	2014	
	LOZ	386.3	1956	483.4/IV-VI	1.25	249.2	72.2	2.9839	464.6	2014	
	NEG	352.1	2005	371.1/VII-IX	1.05	131.8	73.1	2.9839	349.9	2014	2005
	BEG	465.8	1999	556.4/V-VII	1.19	234.7	86.8	2.9839	494.7	2014	
	NIŠ	298.8	1969	394.5/V-VII	1.32	176.1	59.8	2.9839	354.5	2014	
	POŽ	330.2	1982	463.5/IV-VI	1.40	222.4	60.6	2.9839	403.2	2014	
	VAL	455.6	2010	586.2/V-VII	1.29	264.5	83.7	2.9839	514.3	2014	
	VRA	397.5	1948	385.5/IV-VI	0.97	184.3	64.6	2.9839	377.1	1948	2014
	ZAJ	324.8	1980	410.6/IV-VI	1.26	187.0	61.8	2.9839	371.4	2014	
	ZLA	433.5	1989	517.0/IV-VI	1.19	282.5	69.6	2.9839	490.2	2014	
Šestomesečna IV-IX	KRA	705.5	1957	873.7	1.24	429.8	121.1	2.9839	791.2	2014	
	NEG	541.7	1957	687.5	1.27	317.7	99.5	2.9839	614.6	2014	
	BEG	651.0	2001	812.5	1.25	393.6	113.3	2.9839	731.7	2014	
	NIŠ	493.2	2001	649.7	1.32	318.0	85.7	2.9839	573.7	2014	
	POŽ	622.4	2001	816.9	1.31	418.0	107.1	2.9839	737.5	2014	
	VAL	695.5	1975	921.7	1.33	454.5	117.8	2.9839	806.0	2014	
ZAJ	683.1	1957	663.1	0.97	325.2	98.5	2.9839	619.1	1957	2014	

na veću statističku značajnost padavina dužih vremenskih perioda u 2014. godini, u odnosu na mesečne sume. Kod dvomesečnih padavina ukupno je identifikovano 12 izuzetaka, a odnosi između ostvarenih ekstrema i dosadašnjih,

$$\Theta = (\sum P_{2014} / \text{period}) / \sum P_{\text{max}}$$

su dostizali vrednosti i do 1.70 (GMS Valjevo), što znači da je ekstrem iz 2014. godine bio veći za 70% od do sada registrovanog ekstrema u odgovarajućoj seriji dvomesečnih suma padavina.

Kod serija tromesečnih suma padavina registrovano je ukupno 11 izuzetaka u 2014. godini, s tim što je na GMS Vranje ovaj izuzetak drugi po značajnosti. U tromesečnim serijama suma padavina na GMS Kragujevac i Negotin, pored izuzetka u 2014. godini, registrovan je još po jedan izuzetak, ali drugi po značajnosti. Odnos ostvarenih i dosadašnjih ekstrema kretao se do vrednosti 1.40 (za GMS Kraljevo i Požega). Kod šestomesečnih serija identifikovano je ukupno šest izuzetaka u 2014. godini. U vremenskoj seriji na GMS Zaječar postoje dva izuzetka, od kojih je izuzetak iz 2014. godine drugi po značajnosti. Odnos ostvarenih i dosadašnjih ekstrema je manje-više konstantan i kretao u rasponu od 1.24 do 1.33, sa izuzetkom GMS Zaječar, kada je registrovan odnos 0.97.

Statistička značajnost registrovanih ekstema iz 2014. godine u navedenim sezonskim serijama suma padavina izvršena je takođe po istoj proceduri koja je korišćena i kod mesečnih suma padavina. Rezultati tih proračuna prikazani su u tabeli br. 5. Za najdužu šestomesečnu sezonu sračunat je odnos tih suma i prosečnih višegodišnjih vrednosti padavina na istoj GMS, a izvršena je i procena povratnog perioda ostvarenih šestomesečnih padavina u odnosu na verovatnoću pojave vremenskih serija godišnjih suma padavina – P(IV/IX/Sr.g).

Iz tabele 5 je evidentno da je značajnost ostvarenih sezonskih padavina u 2014. godini bila veća u odnosu na odgovarajuće značajnosti ostvarenih mesečnih suma padavina. Najveću značajnost su imale dvomesečne padavine, gde na razmatranim GMS ostvarene sume padavina imaju povratne periode od 1 do 1000 godina (GMS Valjevo). Sledeće po statističkoj značajnosti su ostvarene dvomesečne padavine na GMS Zlatibor, sa 750-godišnjim povratnim periodom, a zatim slede GMS: Beograd, Požega i Vranje sa 500-godišnjim povratnim periodom, pa GMS Kruševac i Leskovac sa 400-godišnjim povratnim periodom. Ostvarene dvomesečne sume padavina u 2014. godni na GMS: Kraljevo, Niš, Sjenica i Smederevska Palanka odgovaraju 300-godišnjem povratnom periodu, na GMS Loznica 250-godišnjem i na GMS Negotin

Tabela 5. Prikaz statističke značajnosti ostvarenih sezonskih suma padavina u 2014. godini

GMS	Dvomesečne			Tromesečne			IV-IX		Sr.god.		
	mm	T(god)	Period	mm	T(god)	Period	mm	T(god)	mm	IV-IX/Sr.g	P(IV/IX/Sr.g)
KRG	361.1	300	IV-V	452.4	300	IV-VI	664.7	100	626.3	1.06	3.0
BK	229.8	20	IV-V	345.1	12	V-VII	613	25	628.1	0.98	
CRV	252.0	20	VI-VII	323.8	5	V-VII	511.4	3	775.2	0.66	
ĆUP	268.9	70	IV-V	360.9	25	V-VII	490.6	7	646.2	0.76	
DIM	241.9	55	IV-V	339	20	IV-VI	606	100	631.0	0.96	
KIK	159.1	20	IV-V	274.4	10	V-VII	416.8	7	548.6	0.76	
KRA	357.8	300	IV-V	510.0	500	IV-VI	873.7	400	743.0	1.18	5.5
KRU	297.4	400	IV-V	408.6	150	IV-VI	565.4	25	638.3	0.88	
KUR	203.4	25	IV-V	282.6	17	IV-VI	541.4	30	642.0	0.84	
LES	283.1	400	IV-V	360.1	70	IV-VI	579.5	125	616.3	0.94	
LOZ	427.2	250	IV-V	483.4	500	IV-VI	803.8	600	827.6	0.97	
NEG	302.6	200	VIII-IX	371.1	170	VII-IX	687.5	300	640.2	1.07	2.5
BEG	338.7	500	IV-V	556.4	300	V-VII	812.5	620	688.5	1.18	7.0
NIŠ	288.7	300	IV-V	394.5	300	V-VII	649.7	500	582.8	1.11	3.0
RŠN	226.8	70	IV-V	334.8	15	V-VII	492.3	10	606.6	0.81	
PAL	167.9	25	IV-V	181.5	2.5	IV-VI	364.6	3	544.4	0.67	
POŽ	349.2	500	IV-V	463.5	400	IV-VI	816.9	500	729.0	1.12	4.3
SJE	232.7	300	IV-V	302.7	25	IV-VI	556.9	15	719.3	0.74	
SMP	283.5	300	IV-V	427.0	150	V-VII	644.4	100	632.1	1.02	2.5
SOM	204.3	30	V-VI	280.8	30	V-VII	505.5	25	586.0	0.86	
SRM	236.6	3	IV-V	267.1	5	V-VII	516.4	15	623.0	0.83	
VAL	453.3	1000	IV-V	586.2	300	V-VII	921.7	500	776.7	1.19	7.7
VGR	252.3	1	VI-VII	393.4	30	V-VII	588.7	20	664.7	0.88	
VRA	282.4	500	IV-V	385.5	150	IV-VI	597.8	150	606.3	0.99	
ZAJ	271.2	70	V-VI	410.6	300	IV-V	663.1	100	601.9	1.1	2.5
ZLA	387.5	750	IV-V	517	500	IV-VI	554.1	25	954.6	0.58	
ZRE	222.1	5	IV-V	335.8	50	V-VII	598.2	70	564.7	1.06	2.0

200-godišnjem povratnom periodu. Na ostalim GMS ostvarene padvine nisu bile statistički značajne.

Što se tiče tromesečnih suma padavina u 2014. godini, njihovi povratni periodi se kreću od 5 do 500 godina (na GMS Kraljevo, Loznica i Zlatibor). Na GMS Požege povratni period ostvarenih suma padavina iznosi 400 godina, a na GMS: Kragujevac, Beograd, Niš, Valjevo i Zaječar povratni periodi iznose 300 godina. Nešto niži povratni periodi registrovani su na GMS Negotin (170 godina) i na GMS: Smederevska Palanka, Kruševac i Vranje (150 godina). Povratni periodi na ostalim GMS su znatno manji od 100 godina.

Kod ostvarenih šestomesečnih suma padavina u 2014. godini najveći povratni period zabeležen je na GMS Beograd (620 godina), zatim sledi GMS Loznica (600 godina), pa GMS Niš, Požege i Valjevo (500 godina), GMS Kraljevo (400 godina), GMS Negotin (300 godina), GMS Vranje (150 godina), GMS Leskovac (125 godina), kao i GMS: Kragujevac, Dimitrovgrad, Smederevska Palanka i Zaječar (100 godina). Na ostalim stanicama povratni periodu ostvareni suma padavina u 2014. godini su bili nižeg reda veličine od 100 godina.

Što se tiče verovatnoća pojave ostvarenih šestomesečnih padavina u odnosu na verovatnoću godišnjih suma padavina najznačajnije su padavine registrovane na GMS Valjevo i Beograd, gde sume ostvarenih padavina u naznačenim šestomesečnim periodima odgovaraju 7%-noj verovatnoći godišnjih suma padavina, što znači da je u šestomesečnom periodu u 2014. godini palo znatno više padavina nego što je višegodišnji prosek za godišnje sume padavina.

ZAKLJUČAK

Na osnovu navedenih konstatacija 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, može se zaključiti da je ovaj navedeni period 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, unutar razmatranog perioda, 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, a na osnovu ukupno ostvarenih suma kiša, dati su 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 prikazane su samo na osnovu raspoloživih podataka na GMS (glavnim meteorološkim stanicama) i to u vidu ostva-

renih maksimalnih visina (intenziteta) kiše za različita trajanja kiše, kao i u pogledu ukupnih suma kiše zabeleženih u razmatranim kišnim epizodama. 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 u skoro svim kišnim epizodama centri kiše ne poklapaju sa položajima GMS, što ima nepovoljne posledice u oceni statističke značajnosti ostvarenih kišnih epizoda.

Zaključeno je da su glavni uzroci čestih pojava poplava u periodu april–septembar 2014. godine, na teritoriji Republike Srbije učestali prodori hladnog vazduha s Atlantika i formiranje moćnih ciklona nad našom teritorijom. Posledica toga je permanentno smenjivanje dugotrajnih kišnih epizoda, što se veoma retko dešava pri pojavi katastrofalnih poplava, koje su u više navrata zahvatile teritoriju Srbije. Sve ove kišne epizode ne karakterišu se pojavom statistički značajnih intenziteta jakih kiša kraćih trajanja koje obično izazivaju pojavu bujičnih poplava. Ukupna trajanja ostvarenih kišnih epizoda znatno prevazilaze uobičajena trajanja maksimalnih intenziteta jakih kiša 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.

Ocena statističke značajnosti razmatranih ostvarenih kišnih epizoda u periodu april–septembar 2014. godine izvršena je samo 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. Izvršen je, takođe, pokušaj da se ostvarene ukupne sume kiše uporede sa prosečnim višegodišnjim vrednostima suma padavina u mesecu u kojem se kišna epizoda pretežno ostvarila. Taj princip zadržan je i kada je izvršena 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 u osnovi su korišćeni 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. Činjenica je da su u toku 2014. godine na nekim GMS mnogi maksimalni intenziteti ostvarenih kiša prevazišli do sada registrovane istorijske podatke, pa su autori ovoga rada bili su primorani da izvrše korekciju teorijskih krivih raspodele korišćenih u navedenoj monografiji. Imajući u vidu činjenicu da su ekstremno registrovane kiše, koje odgovaraju retkim verovatnoćama pojave, zabeležene za duža trajanja kiše, korekcije, tamo gde je bilo potrebno, izvršene su samo za jednodnevne, dvodnevne i trodnevne kiše.

Kod katastrofalnih kišnih epizoda iz maja i septembra, koje su izazvale razorne poplave sa značajnim štetama i gubicima ljudskih života, statistički značajne sume

padavina realizovane su za trajanja kiša dužih od 24 časa. Tako, na primer, za majsku kišnu epizodu, maksimalne 24-časovne kiše realizovane u Beogradu i Loznici prevazilaze stogodišnje povratne periode, u Valjevu sedamdesetogodišnji, u Nišu pedesetogodišnji, a u Rimskim Šančevima tridesetogodišnji povratni period. Maksimalne visine padavina za 48 časova realizovane su u Loznici, gde izmerena vrednost prevazilazi hiljadugodišnju kišu, zatim slede Beograd i Valjevo sa 400-godišnjom kišom, te Niš sa kišom 80-godišnjeg povratnog perioda. Za trodnevnu kišu registrovanu u Beogradu i Valjevu povratni period je ocenjen na 700 godina. Povratni period realizovane trodnevne kiše u Loznici ocenjen je na 400 godina, a kod Rimskih Šančeva na 100 godina. Za septembarsku kišnu epizodu, koja je na teritoriji Srbije bila lokalnog karaktera i zahvatila širu okolinu Negotina, statistički značajni intenziteti kiša pojavili su se za kraća trajanja kiše. Tako, na primer, povratni period maksimalne tročasovne kiše iznosio je 70 godina, šestčasovne kiše 90 godina, da bi maksimalni intenzitet za 12-časovnu kišu dostigao najveću vrednost čiji povratni period je procenjen na 670 godina.

S porastom trajanja kiše dolazilo je do redukcije statističke značajnosti, pa je povratni period za maksimalnu 24-časovnu kišu iznosio 300 godina, za maksimalnu dvodnevnu kišu 250 godina, maksimalnu trodnevnu kišu 80 godina itd.

Generalno, za maksimalnu kišnu epizodu u maju 2014. godine može se zaključiti da je karakteriše pojava ekstremno velikih količina padavina, koje su dugo trajale i zahvatile relativno veliku teritoriju, a u Srbiji u oblastima slivnih područja Jadra, Kolubare i Mačve, sa statističko-probabilističkog aspekta, prevazilaze pojavu stogodišnje kišne epizode. Ocenu statističke značajnosti ove izuzetne kiše na celom prostoru, koji obuhvata poplavljen područja tri susedne zemlje, teško je u ovom trenutku dati, zbog nedostatka relevantnih podataka osmatranja. Za drugu po statistički značajnosti kišnu epizodu, koja se pojavila u periodu od 11. do 10. septembra 2014. godine, ali na znatno manjem prostoru (samo područje Negotinske nizije) može se reći da pripada kategoriji jakih kiša kraćih trajanja i po verovatnoći pojave u centru kiše prevazilazi tristogodišnje pojave. Ostale razmatrane kišne epizode iz perioda april–septembar 2014. godine su, po statističkoj značajnosti, znatno manjih razmera.

Predmet ovog rada bio je, takođe, i sagledavanje prostronog rasporeda ostvarenih mesečnih i sezonskih padavina, kao i ocena njihove statističke značajnosti. U vezi sa ovim, formirane su odgovarajuće karte izohijeta mesečnih suma padavina, koje vizuelno ukazuju na područja zahvaćena padavinama teritorije Srbije u razmatranom vremenskom periodu. Raspored padavina se menjao iz meseca u mesec, kako po veličini prostora, tako i po visinama mesečnih suma padavina. Po količini najveće padavine su se pojavile u mesecu maju, zatim sledi april, septembar, jul, jun i avgust. Po prostranstvu obuhvaćenog prostora sa intenzivnim padavinama najznačajniji su april i maj, nešto manji su jul i jun, zatim sledi septembar i na kraju avgust.

Ocena statističke značajnosti izvršena je samo na GMS RHMZ Srbije i to za serije mesečnih, kao i maksimalnih dvomesečnih i tromesečnih suma i na kraju ukupnog razmatranog perioda april–septembar. Statistička značajnost ostvarenih suma padavina u 2014. godina je ocenjena na dva načina: preko identifikacije pojave statističkih izuzetaka, kao i preko ocene povratnih perioda ostvarenih suma u navedenim periodima.

Sa gledišta pojave statističkih izuzetaka konstatovano je da se kod razmatranih ostvarenih mesečnih suma padavina u periodu april–septembar 2014. godine na razmatranih 27 GMS statistički izuzetak pojavio 17 puta. Kod maksimalnih dvomesečnih suma statistički izuzetak se pojavio u 13 slučajeva, a kod maksimalnih tromesečnih suma 11 puta. U sumama padavina ostvarenim u ukupnom periodu april–septembar statistički izuzetak se pojavio 7 puta. Generalno se može izvesti zaključak da su na svim GMS, za tri razmatrane sezone, statistički izuzeci identifikovani u 31 slučaju, što je za 1.8 puta više nego u šest serija razmatranih mesečnih suma padavina. Ova konstatacije samo ukazuju na veću statističku značajnost ostvarenih padavina u dužem vremenskom periodu u 2014. godini u odnosu na mesečne sume padavina.

Ocena statističke značajnosti ostvarenih mesečnih suma padavina je pokazala da su statistički najznačajnije padavine registrovane u mesecu aprilu, kada su kod pet GMS ostvarene sume procenjene da odgovaraju teorijskim sumama padavina 300-godišnjeg povratnog perioda. Za majske sume padavina tristogodišnji povratni period ocenjen je samo na GMS Smederevska Palanka, a za septembarske sume padavina na GMS Negotin. Padavine u junu su bile znatno manjeg obima kada se samo na GMS Zaječar pojavila mesečna suma padavina koja odgovara 125-godišnjem povratnom periodu. Analogni rezultati dobijeni su i za mesec jul kada se najznačajnija suma padavina pojavila na GMS Beorad, reda veličine 110-godišnjeg povratnog perioda. Mesečne sume padavina u avgustu su uglavnom reda veličine oko višegodišnjeg proseka.

Kod sezonskih suma padavina najveću statističku značajnost ima maksimalna dvomesečna suma padavina registrovana na GMS Valjevo u periodu april–maj 2014. godine, koja odgovara 1000 godišnjem povratnom periodu. Sledeće po statističkoj značajnosti su maksimalne dvomesečne sume padavina ostvarene u istom periodu na GMS Zlatibor, sa 750-godišnjim povratnim periodom, a zatim slede GMS: Beograd, Požega i Vranje sa 500-godišnjim povratnim periodom, pa GMS Kruševac i Leskovac sa 400-godišnjim povratnim periodom itd. Što se tiče ostvarenih maksimalnih tromesečnih suma padavina najznačajnije su registrovane na GMS Kraljevo (IV–VI), Loznica (IV–VI) i Zlatibor (IV–VI) sa 500 godišnjim povratnim periodom, a na GMS: Kragujevac (IV–VI), Beograd (V–VII), Niš (V–VII), Valjevo (V–VII) i Zaječar (IV–VI) povratni periodi iznose 300 godina.

U periodu april–septembar najznačajnije padavine u 2014. godini zabeležene su na GMS Beograd (620-godišnji povratni period), zatim sledi GMS Loznica (600 godina), pa GMS Niš, Požega i Valjevo (500 godina),

GMS Kraljevo (400 godina), GMS Negotin (300 godina), GMS Vranje (150 godina), GMS Leskovac (125 godina) itd. Povratni periodi ostvarenih šestomesečnih padavina ocenjeni pomoću krivih raspodele godišnjih suma padavina pokazali su da su najznačajnije registrovane padavine na GMS Valjevo i Beograd, gde sume ostvarenih šestomesečnih padavina odgovaraju 7%-noj verovatnoći pojave godišnjih suma padavina. To praktično znači da su na ovi GMS u naznačenom šestomesečnom periodu u 2014. godini pale znatno veće količine padavina nego što padne u toku cele godine u višegodišnjem proseku.

Zahvalnost

Predstavljeni rezultati i analize su predmet istraživanja 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
- [6] Prohaska S, Đukić D, Bartoš Divac V, Todorović N, Božović N. (2014), Karakteristike jakih kiša koje su prouzrokovale čestu pojavu poplava na teritoriji Srbije u periodu april-septembar 2014. godine, Vodoprivreda 0350-0519, 46 (2014) 267-272 p. 15-26.
- [7] Prohaska S, Đukić D, Bartoš Divac V, Todorović N, Božović N, Anđelković O. (2014), Statistička značajnost mesečnih i maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina iz perioda april-septembar 2014. godine, Vodoprivreda 0350-0519, 46 (2014) 267-272 p. 27-37.
- [8] Prohaska S, Đukić D, Bartoš Divac V, Todorović N. (2015), Ocena povratnog perioda jake kiše koja je prouzrokovala pojavu katastrofalne poplave u maju 2014. godine na teritoriji Republike Srbije. XI Međunarodni naučni skup “Savremena teorija i praksa u graditeljstvu”, Banja Luka, p.101-112.
- [9] Prohaska S, Đukić D, Bartoš Divac V, Todorović N. (2015), Statistička značajnost padavina koje su prouzrokovale pojavu majske poplave 2014. godine na delu teritorije Srbije, 6. Hrvatska konferencija o vodama s međunarodnim sudjelovanjem “Hrvatske vode na investicionom valu”, Zbornik radova, Opatija, 20.-23. svibnja 2015., p 101-108.