

## REGIONALIZACIJA KVANTITATIVNIH KARAKTERISTIKA KIŠA JAKOG INTENZITETA U SRBIJI

Prof. dr Stevan PROHASKA  
Vladislava BARTOŠ DIVAC  
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

### REZIME

U radu su prikazani rezultati regionalizacije kvantitativnih karakteristika kiša jakog intenziteta u Srbiji, na osnovu analize podataka sa 30 pluviografskih stanica. Regionalizacija je izvršena za trajanja kiša jakih intenziteta, distribuciju najverovatnije pojave u toku jednog dana (24 časa) i jedne kalendarske godine, kao i za pojavu maksimalnog jednočasovnog intenziteta kiše u toku dana. Regionalizacija navedenih parametara izvršena je za teritoriju čitave Srbije i za administrativne celine: Centralnu Srbiju, AP Vojvodinu i AP Kosovo i Metohiju.

**Ključne reči:** intenziteti jakih kiša, trajanje kiše, verovatnoća pojave jakih kiša u toku dana, verovatnoća pojave jakih kiša tokom godine, verovatnoća pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta u toku dana.

### 1. UVOD

Intenziteti kiša kratkih trajanja predstavljaju osnovu za definisanje merodavnih hidrograma poplavnih talasa na manjim prirodnim, odnosno urbanim slivnim područjima, gde se vreme koncentracije kreće u granicama od nekoliko minuta do nekoliko časova. Podaci o intenzitetima kiša kratkih trajanja registruju se na pluviografima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. U Srbiji postoji 30 pluviografskih stanica sa relativno zadovoljavajućom dužinom perioda osmatranja jakih kiša. Podaci mereni na pluviografu karakterišu kiše jakog intenziteta za usko područje lokacije na kojoj se pluviografska stanica nalazi. Lokacije na kojima su postavljeni pluviografi u Srbiji uglavnom se nalaze u većim gradovima i poznatim turističkim centrima. Za manje gradove i naselja, koji takođe imaju velike probleme sa zaštitom od poplava, takvi podaci ne postoje.

U jednom o prethodnih brojeva časopisa *Voda i sanitarna tehnika* (Prohaska i sar., broj 3–4/2011, maj-avgust, godina XLI), objavljen je detaljan prikaz rezultata odrada pluviografskih traka na navedenim pluviografskim stanicama, izvršenih 2009. godine za potrebe novelacije hidrometeoroloških podloga za „Vodoprivrednu osnovu Republike Srbije“. Radeći dalje na ovoj problematici, a u okviru naučnih projekata TR–22005 „Proučavanje ekstremnih hidroloških situacija – poplava i suša u Srbiji“ i TR - 37005 „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“, izvršena je dopuna i novelacija. Deo rezultata objavljen je u radu na 41. Konferenciji o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda „Voda 2012“ (Prohaska i sar., 2012).

Predmet istraživanja ovoga rada je regionalizacija kvantitativnih karakteristika jakih kiša u Srbiji, i to: trajanja, verovatnoće pojave u toku kalendarske godine, odnosno jednog dana, kao i verovatnoće pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta kiša u toku dana, s obzirom na to da su trajanja najučestalijih jakih kiša u Srbiji znatno kraća od 24 časa, koliko kontrolišu kišomeri, koji su znatno više zastupljeni u praksi.

### 2. REGIONALIZACIJA BEZDIMENZIONALNIH INTEGRALNIH KRIVIH JAKIH KIŠA

Osnovna obrada pluviografskih traka izvršena je za 30 pluviografskih stanica na teritoriji Republike Srbije. Prvo je izvršena identifikacija kišnih epizoda sa maksimalnim registrovanim godišnjim sumama padavina u periodu rada pluviografske stanice, a potom obrada za različite diskretizacije vremena, i to za:

- konstantne-jednočasovne periode i
- za pokretne periode sa maksimalnom sumom padavina za različita trajanja kiše.

U ovom radu prikazani su rezultati obrada samo za jednočasovni period diskretizacije.

Za sve pluviografske stanice  $i$  za sve godine identifikovane su kišne epizode sa maksimalnom godišnjom sumom padavina (maksimalne kiše) i definisani hijetogrami  $H_{\Delta t=1\text{sat},k,i}$ , gde je:

$H_{\Delta t=1\text{sat},k,i}$  - jednočasovna suma padavina, na  $k$ -toj pluviografskoj stanici,  $i$ -te kalendarske godine;  
 $k$  - redni broj pluviografske stanice,  $k=1, 2, \dots, 30$ ;  
 $i$  - redni broj kalendarske godine,  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  
 $N_k$  - ukupan broj kalendarskih godina u kojima su vršena merenja na  $k$ -toj pluviografskoj stanici.

Definisane su integralne krive maksimalnih kiša za sve stanice i sve godine, pomoću jednačine:

$$H_{k,i}(t) = \sum_{t=0}^{T_{k,i}} H_{\Delta t=1\text{sat},k,i}$$

gde je:

$t$  - tekuće vreme,  $t=0, 1, 2, \dots, T_{k,i}$  ;

$H_{k,i}(t)$  - suma pale kiše u kišnoj epizodi sa maksimalnom sumom padavina do trenutka  $t$  na  $k$ -toj pluviografskoj stanici  $i$ -te godine;

$T_{k,i}$  - ukupno trajanje kišne epizode sa maksimalnom sumom padavina na  $k$ -toj pluviografskoj stanici  $i$ -te godine;

Na osnovu integralnih krivih maksimalnih kiša definisane su empirijske bezdimenzionalne integralne krive u funkciji visine i trajanja kiše.

$$\theta_{k,i,t} = \frac{t}{T_{k,i}}$$

$$\eta_{k,i,t} = \frac{H_{k,i}(t)}{H_{k,i}(T_{k,i})}$$

gde je:

$\theta_{k,i,t}$  - apscisa bezdimenzionalne krive maksimalne kiše na  $k$ -toj pluviografskoj stanici  $i$ -te kalendarske godine u trenutku  $t$ ;

$H_{k,i}(T_{k,i})$  - suma pale kiše za trajanje  $T_{k,i}$ , na  $k$ -toj pluviografskoj stanici  $i$ -te kalendarske godine

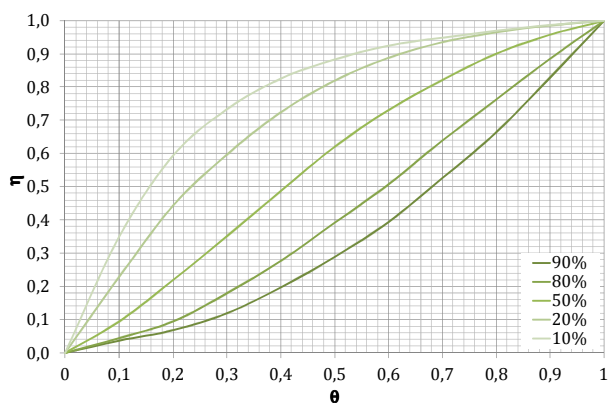
$\eta_{k,i,t}$  - ordinata bezdimenzionalne krive maksimalne kiše na  $k$ -toj pluviografskoj stanici  $i$ -te kalendarske godine u trenutku  $t$ .

Teorijske bezdimenzionalne integralne krive maksimalnih kiša sračunate su na osnovu svih empirijskih bezdimenzionalnih integralnih krivih maksimalnih kiša prilagođavanjem Log-Pearson III zakona raspodele verovatnoća, za relativno trajanje kiše ( $\theta=0,1, 0,2, \dots, 1,0$ ) i prikazane za verovatnoće pojave  $p=10, 20, 50, 80$  i  $90\%$ .

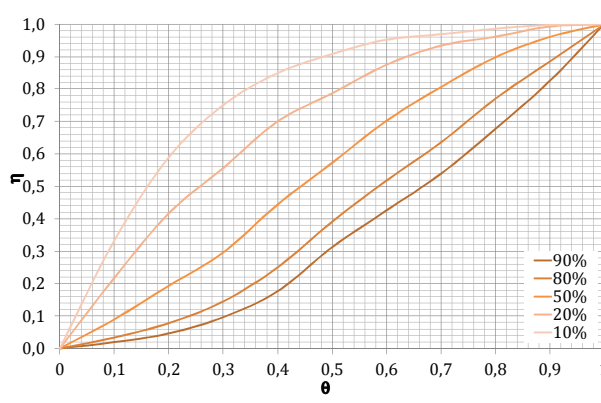
Na osnovu dobijenih rezultata statističkih obrada izvršena je generalizacija rezultata za čitavu teritoriju Republike Srbije. Na ovaj način su zanemarene sve prostorne i vremenske heterogenosti koje se mogu pojaviti kod kiša jakog intenziteta na različitim lokalitetima. Bezdimenzionalne sumarne krive prikazane su numerički za teritoriju čitave Srbije i za njene administrativne celine u tabeli broj 1 i grafički na slikama 1–4 za teritoriju Republike Srbije, Centralne Srbije, AP Vojvodine i AP Kosovo i Metohija.

Tabela 1. Bezdimenzionalne integralne krive kišnih epizoda sa maksimalnom godišnjom sumom padavina za različite verovatnoće pojave

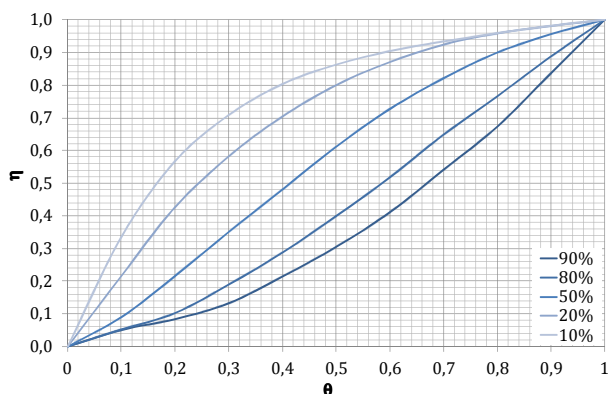
$\theta$	$\eta$									
	Verovatnoća pojave (%)									
	90	80	50	20	10	90	80	50	20	10
	Republika Srbija					Centralna Srbija				
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,04	0,04	0,09	0,23	0,35	0,05	0,05	0,09	0,22	0,34
0,2	0,07	0,09	0,22	0,44	0,59	0,08	0,10	0,22	0,43	0,57
0,3	0,12	0,18	0,35	0,60	0,73	0,13	0,19	0,35	0,58	0,71
0,4	0,20	0,28	0,49	0,72	0,83	0,21	0,29	0,48	0,70	0,80
0,5	0,29	0,39	0,62	0,82	0,88	0,31	0,40	0,61	0,80	0,86
0,6	0,39	0,51	0,73	0,89	0,93	0,41	0,52	0,73	0,87	0,90
0,7	0,53	0,64	0,82	0,94	0,95	0,54	0,65	0,82	0,92	0,93
0,8	0,66	0,76	0,90	0,97	0,97	0,67	0,77	0,90	0,96	0,96
0,9	0,83	0,89	0,96	0,99	0,99	0,84	0,89	0,96	0,98	0,98
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\theta$	$\eta$									
	Verovatnoća pojave (%)									
	90	80	50	20	10	90	80	50	20	10
	AP Vojvodina					AP Kosovo i Metohija				
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,01	0,03	0,11	0,26	0,38	0,02	0,03	0,09	0,22	0,33
0,2	0,04	0,08	0,23	0,49	0,65	0,05	0,08	0,19	0,42	0,59
0,3	0,10	0,17	0,37	0,65	0,78	0,10	0,14	0,30	0,56	0,75
0,4	0,17	0,26	0,52	0,78	0,87	0,18	0,25	0,44	0,70	0,85
0,5	0,24	0,37	0,66	0,88	0,92	0,31	0,39	0,57	0,79	0,91
0,6	0,34	0,48	0,75	0,93	0,96	0,43	0,52	0,70	0,88	0,95
0,7	0,49	0,62	0,83	0,96	0,98	0,54	0,64	0,81	0,93	0,97
0,8	0,64	0,75	0,90	0,98	0,99	0,68	0,77	0,90	0,96	0,99
0,9	0,81	0,88	0,96	0,99	1,00	0,83	0,89	0,96	0,99	1,00
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



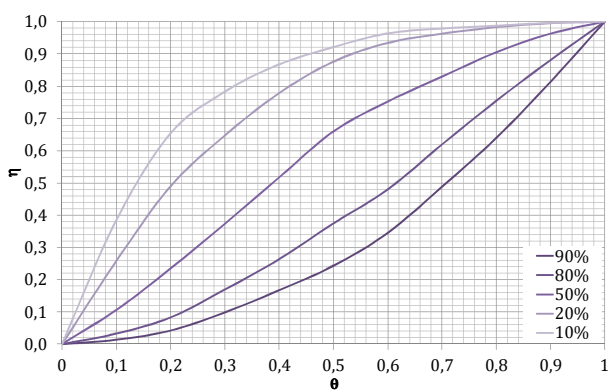
Slika 1. Bezdimezionalna integralna kriva kišne epizode sa maksimalnom sumom padavina za teritoriju Srbije



Slika 4. Bezdimezionalna sumarna linija maksimalnih kiša za teritoriju AP Kosovo i Metohija



Slika 2. Bezdimezionalna sumarna linija maksimalnih kiša za teritoriju Centralne Srbije



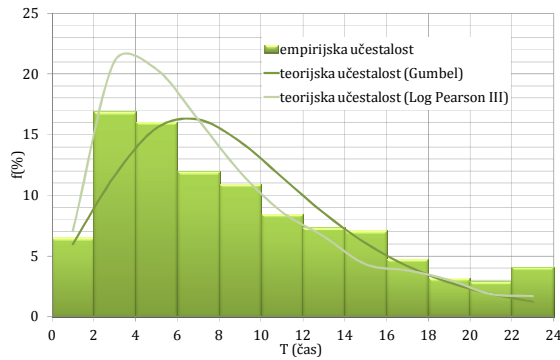
Slika 3. Bezdimezionalna sumarna linija maksimalnih kiša za teritoriju AP Vojvodina

Konstatuje se da su rasponi ordinata za korespondentne verovatnoće pojave slični u svim regionima. Evidentno je da su najveći rasponi u Vojvodini, a najmanji na Kosovu i Metohiji, što je, možda, i posledica manjeg broja pluviografskih stanica na tim prostorima. Raspored kiša tokom kišnih epizoda u Srbiji generalno je asimetričan, u smislu pojave većih intenziteta kiša u fazi porasta hijetograma kiše, u odnosu na opadajuću granu.

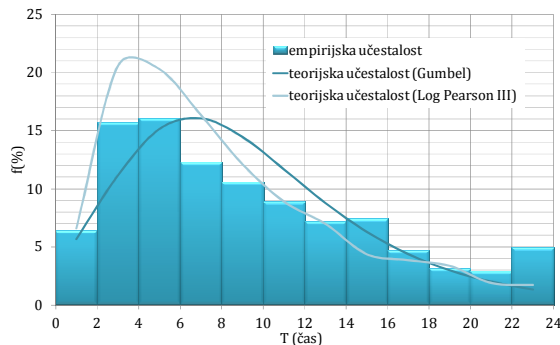
### 3. REGIONALIZACIJA UKUPNOG TRAJANJA JAKIH KIŠA

Bitne karakteristike kiša jakog intenziteta za hidrološku praksu su trajanje i učestalost različitih trajanja kiša jakog intenziteta. Napominje se da su najučestalija trajanja jakih kiša znatno kraća od 24 časa.

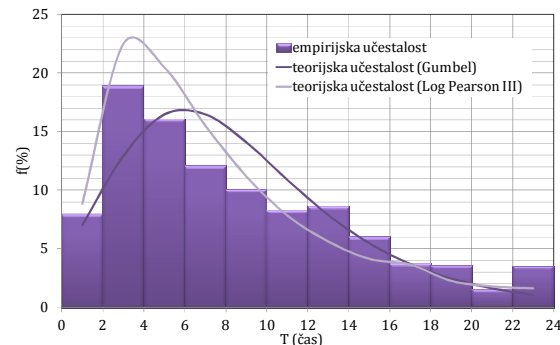
Sa ciljem analize trajanja i učestalosti kiša jakog intenziteta izvršena je probablistička analiza raspoloživih serija na svim pluviografskim stanicama. Prilagodavanjem teorijskih zakona raspodela verovatnoća: Log-Pearson III i Gumbel, sračunate su teorijske vrednosti trajanja jakih kiša za različite verovatnoće pojave  $p$ , za svaku pluviografsku stanicu (1,2,...,30), kao i odgovarajuće funkcije učestalosti  $-f$ . Prosečne vrednosti za teritoriju Republike Srbije, odnosno za njene administrativne celine, prikazane su grafički na slikama od 5 do 8, i numerički u tabeli 2.



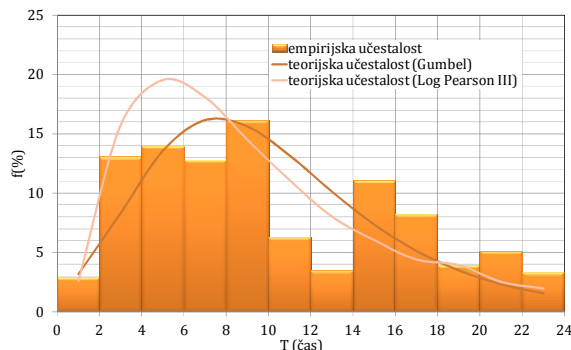
Slika 5. Učestalost trajanja jakih kiša u Srbiji



Slika 6. Učestalost trajanja jakih kiša u Centralnoj Srbiji



Slika 7. Učestalost trajanja jakih kiša u AP Vojvodini

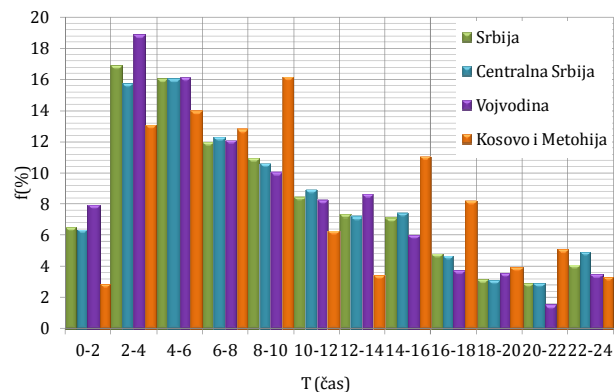


Slika 8. Učestalost trajanja jakih kiša u AP Kosovo i Metohija

Tabela 2. Prosečna učestalost trajanja kiša jakog intenziteta

T (časovi)	Učestalost trajanja kiša jakog intenziteta f(%)			
	Republika Srbija	Uža Srbija	AP Vojvodina	AP Kosovo i Metohija
0-2	6,33	6,37	7,41	2,87
2-4	16,54	15,72	18,47	13,02
4-6	15,77	16,01	15,77	13,94
6-8	12,02	12,27	12,13	12,80
8-10	11,10	10,55	10,82	16,11
10-12	8,51	8,89	7,88	6,27
12-14	6,92	7,19	8,07	3,44
14-16	7,39	7,42	6,48	11,03
16-18	5,04	4,66	4,22	8,21
18-20	3,22	3,11	3,67	3,93
20-22	2,98	2,90	1,82	5,08
22-24	4,20	4,91	3,26	3,31

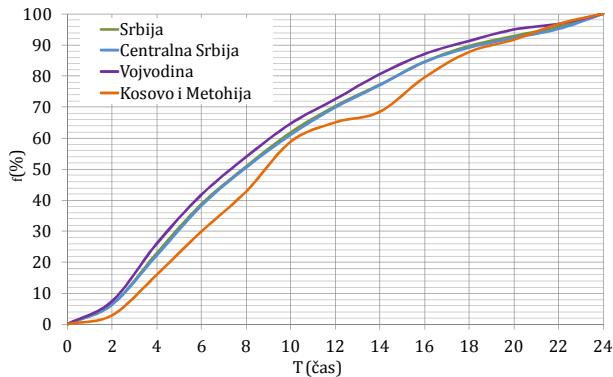
Uporedni prikaz učestalosti trajanja jakih kiša za teritoriju Republike Srbije, Centralnu Srbiju i AP dat je na slici 9.



Slika 9. Učestalost trajanja jakih kiša – uporedni prikaz po teritorijama

Konstatuje se da najučestalije kišne epizode na teritoriji čitave Srbije traju od dva do četiri časa. Po teritorijama Republike Srbije, ova slika se znatno menja. U Centralnoj Srbiji najčešća trajanja jakih kiša su od 4 do 6 časova, u Vojvodini od 2 do 4 časa, a na Kosovu i Metohiji od 8 do 10 časova.

Radi detaljnijeg sagledavanja dijapazona trajanja jakih kiša, na slici 10 prikazane su krive kumulativnih frekvencija trajanja jakih kiša u Srbiji i njenim administrativnim celinama.



Slika 10. Učestalost trajanja jakih kiša

Na osnovu prikazanih rezultata definisani su opsezi najučestalijih trajanja jakih kiša na teritoriji Republike Srbije i njenim administrativnim celinama, za različite verovatnoće i prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Prikaz opsega trajanja najučestalijih jakih kiša za Republiku Srbiju i po administrativnim celinama

Verovatnoća	Raspon trajanja jakih kiša od - do u časovima			
	Republika Srbija	Uža Srbija	AP Vojvodina	AP Kosovo i Metohija
50 %	2,5 – 9,5	2,5 - 9,5	2,0 – 9,5	3,2-9,5
80 %	2,0 – 15	2,0 – 15	1,7-15	2,5 – 15
90 %	2,0 – 17	2,0 – 17	1,6-17	2,5-17

Vidi se da se rasponi ukupnog trajanja jakih kiša kreću u veoma uskim intervalima. Sa verovatnoćom 50% može se tvrditi da se rasponi ukupnog trajanja jakih kiša kreću od 6 do 7 sati. Sa verovatnoćom od 80% može se zaključiti da se ovi rasponi kreću od 12,5 sati za teritoriju AP Kosovo i Metohija do 13,3 sata za teritoriju AP Vojvodine. Sa verovatnoćom od 90% može se tvrditi da se rasponi ukupnog trajanja jakih kiša kreću u intervalu od 14,5 sati za teritoriju AP Kosovo i Metohija do 15,4 sati za teritoriju Vojvodine.

Za sve pluviografske stanice sračunate su verovatnoće pojave ukupnog trajanja kiša jakog intenziteta. Prikaz prosečnih i ekstremnih vrednosti teorijskih trajanja za teritoriju Republike Srbije, Centralnu Srbiju i njene autonomne pokrajine, dat je u tabeli 4.

Tabela 4. Računske vrednosti prosečnog i ekstremnog trajanje kiša

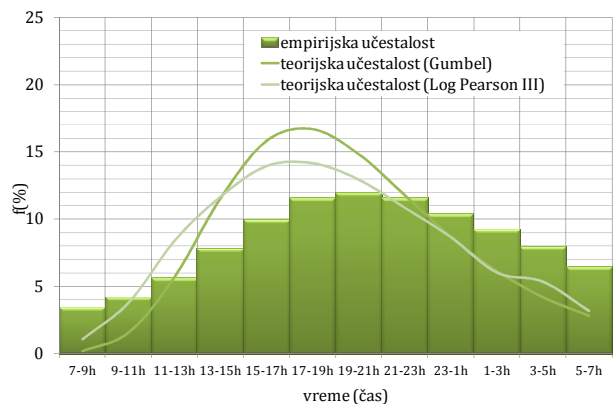
p(%)	Trajanje kiša (časovi)					
	prosek	Republika Srbija		prosek	Centralna Srbija	
		min	max		min	max
1	33,7	22,9	46,8	34,5	23,1	46,8
5	22,9	16,1	28,0	23,3	16,1	27,1
10	18,4	13,0	23,0	18,7	13,0	21,3
20	13,9	9,8	17,6	14,1	9,8	17,1
50	7,6	5,4	10,3	7,7	5,4	10,3
80	3,8	2,6	5,6	3,9	2,6	5,4
90	2,6	1,6	4,1	2,6	1,6	4,1
95	1,9	1,1	3,2	1,9	1,1	3,2
99	1,0	0,5	2,0	1,0	0,5	2,0

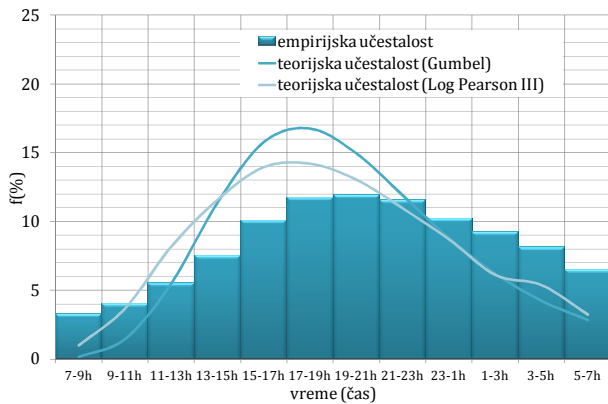
p(%)	Vojvodina		Kosovo i Metohija	
1	31,6	22,9	37,6	34,2
5	21,2	16,1	24,3	25,0
10	16,8	13,0	19,5	20,7
20	12,5	9,8	14,6	16,1
50	6,7	5,4	8,3	9,3
80	3,3	2,7	4,8	4,9
90	2,2	1,8	3,7	3,4
95	1,6	1,2	2,9	2,5
99	0,8	0,6	1,9	1,3

#### 4. REGIONALIZACIJA VEROVATNOĆE POJAVE JAKIH KIŠA U TOKU DANA

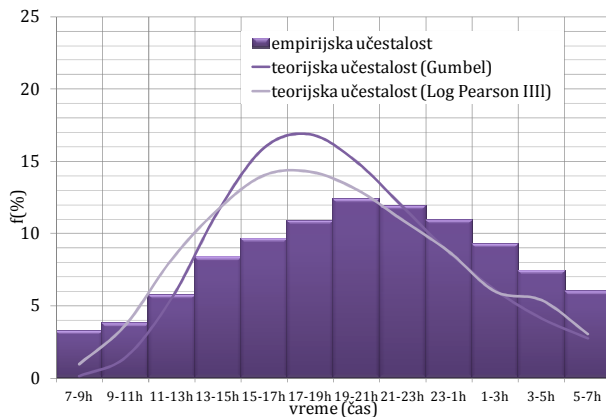
Jedna od veoma interesantnih karakteristika kiša jakog intenziteta je verovatnoća pojave jakih kiša u toku jednog dana, odnosno tokom 24 časa. U tu svrhu izvršena je analiza učestalosti i proračun verovatnoće pojave kiša tokom dana, korišćenjem raspoloživih podataka o časovnim vrednostima suma padavina u kišnim epizodama, sa maksimalnom sumom padavina. Rezultati ovih analiza prikazani su numerički u tabeli 5, i na slikama 11–14.



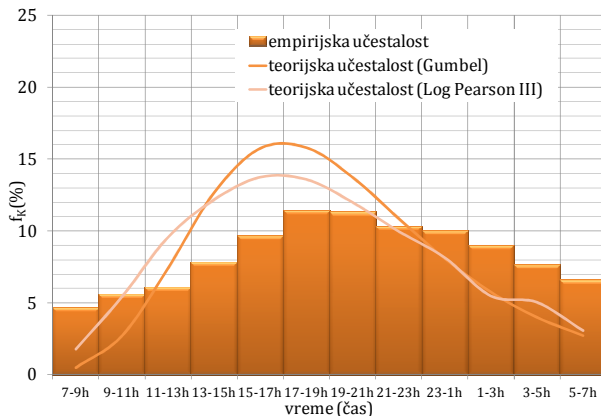
Slika 11. Učestalost pojave jakih kiša u toku dana na teritoriji Srbije



Slika 12. Učestalost pojave jakih kiša u toku dana na teritoriji Centralne Srbije



Slika 13. Učestalost pojave jakih kiša u toku dana na teritoriji AP Vojvodine

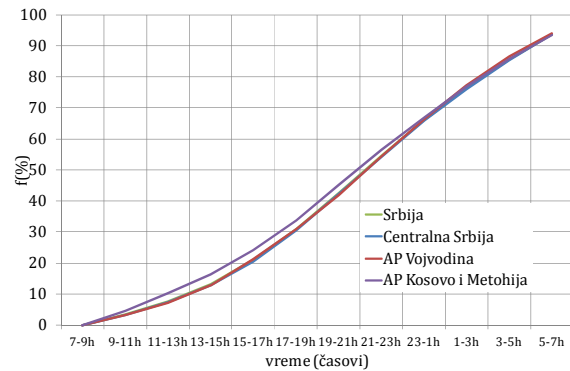


Slika 14. Učestalost pojave jakih kiša u toku dana na teritoriji AP Kosovo i Metohija

Tabela 5. Prosečne učestalosti pojave jakih kiša u toku dana

od-do (časova)	učestalosti pojave jakih kiša u toku dana (%)			
	Republika Srbija	Uža Srbija	AP Vojvodina	AP Kosovo i Metohija
7-9	3,4	3,3	3,3	4,7
9-11	4,2	4,1	3,9	5,6
11-13	5,6	5,5	5,7	6,1
13-15	7,8	7,5	8,4	7,8
15-17	10,0	10,1	9,7	10,0
17-19	11,5	11,8	10,9	11,4
19-21	12,0	11,9	12,4	11,3
21-23	11,6	11,6	11,9	10,3
23-1	10,4	10,2	11,0	10,0
1-3	9,2	9,2	9,3	9,0
3-5	7,9	8,2	7,4	7,7
5-7	6,4	6,5	6,1	6,6

Radi detaljnijeg sagledavanja opsega pojave trajanja jakih kiša, na slici 15 prikazane su krive kumulativnih verovatnoća trajanja jakih kiša u Srbiji i njenim administrativnim jedinicama.



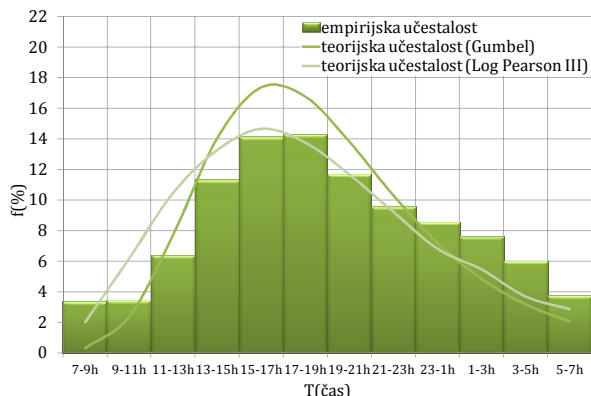
Slika 15. Kumulativna verovatnoća pojave jakih kiša u toku dana

Za razliku od ukupnog trajanja kiše, dijapazon moguće pojave kiše jakog intenziteta u toku dana na teritoriji Republike Srbije je veliki i veoma ujednačen. Na primer, sa verovatnoćom 50% može se tvrditi da dužina raspona moguće pojave kiše u toku dana za teritoriju Republike Srbije, Centralnu Srbiju i Vojvodinu iznosi 8,5 sati (od 16:30 do 1:00 sati), a za teritoriju AP Kosovo i Metohiju iznosi 8,0 sati (od 16:00 do 24:00).

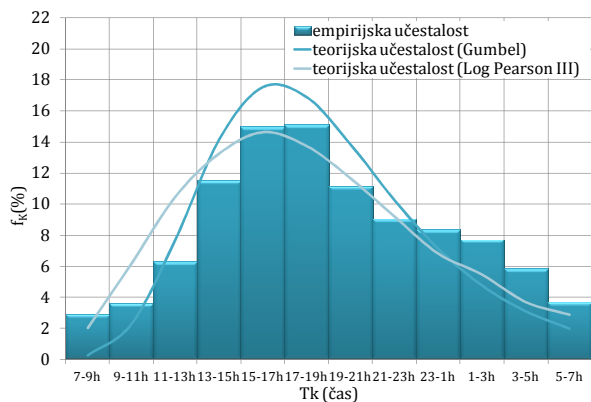
### 5. REGIONALIZACIJA VEROVATNOĆE POJAVE MAKSIMALNOG JEDNOČASOVNOG INTENZITETA JAKIH KIŠA U TOKU DANA

Kumulativni pregledi rezultata analize učestalosti verovatnoće pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta jakih kiša u toku dana za čitavu teritoriju

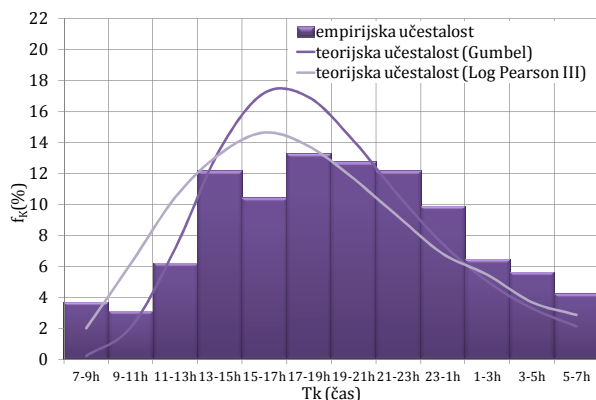
Srbije i njene autonomne pokrajine prikazani su na slikama 16–19.



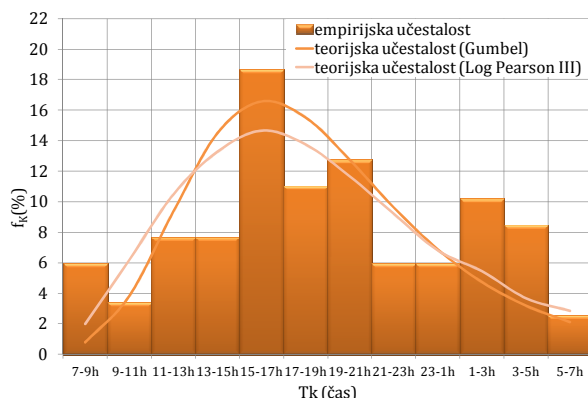
Slika 16. Učestalost maksimalnog jednočasovnog intenziteta kiše u toku dana u Srbiji



Slika 17. Učestalost maksimalnog jednočasovnog intenziteta kiše u toku dana u Centralnoj Srbiji



Slika 18. Učestalost maksimalnog jednočasovnog intenziteta kiše u toku dana u AP Vojvodini



Slika 19. Učestalost maksimalnog jednočasovnog intenziteta kiše u toku dana u AP Kosovo i Metohija

Numerički pokazatelji rezultata proračuna učestalosti pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta u toku dana na teritoriji Republike Srbije i njenim administrativnim celinama prikazani su u tabeli 6.

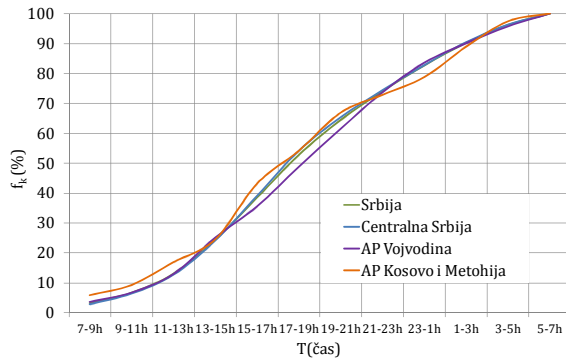
Tabela 6. Prosečna učestalost vremena pojave maksimalnog jednočasovnog intenziteta u toku dana

od-do (časovi)	Republika Srbija	Uža Srbija	AP Vojvodina	AP Kosovo i Metohija
7-9	3,4	2,9	3,7	5,9
9-11	3,4	3,6	3,1	3,4
11-13	6,4	6,3	6,2	7,6
13-15	11,3	11,5	12,2	7,6
15-17	14,1	15,0	10,4	18,6
17-19	14,3	15,1	13,3	11,0
19-21	11,7	11,2	12,7	12,7
21-23	9,6	9,0	12,2	5,9
23-1	8,6	8,4	9,9	5,9
1-3	7,6	7,7	6,5	10,2
3-5	6,0	5,8	5,7	8,5
5-7	3,7	3,4	4,2	2,5

Najučestalija pojava maksimalnih jednočasovnih intenziteta jakih kiša na teritoriji Republike Srbije, kao i na teritorijama njenih administrativnih celina u Centralnoj Srbiji i Vojvodini, je u periodu od 17 do 19 časova, a na teritoriji Kosova i Metohije od 15 do 17 časova.

Radi sagledavanja opsega pojave maksimalnih jednočasovnih kiša jakog intenziteta u toku dana, na slici 20 prikazane su krive kumulativnih verovatnoća pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta kiša u toku dana u Srbiji i njenim administrativnim jedinicama.





Slika 20. Kumulativna verovatnoća maksimalnog jednočasovnog intenziteta kiše u toku dana

Generalno se može reći da su dužine opsega pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta u toku dana na teritoriji Republike Srbije veoma slične dužinama opsega moguće pojave kiša jakih intenziteta i da su veoma ujednačene u prostoru.

Sa verovatnoćom 50% može se tvrditi da raspon moguće pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta jakih kiša u toku dana za celu teritoriju Republike Srbije iznosi 8 sati, s tim što se vreme pojave menja, tako da je za teritoriju Republike Srbije, Centralnu Srbiju i AP Vojvodinu mogućnost pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta u vremenu od od 14:00 do 22:00, a za teritoriju AP Kosovo i Metohiju u periodu od 16:00 do 24:00.

Sa verovatnoćom od 80% može se zaključiti da ovaj raspon iznosi 14 sati za celu teritoriju Republike Srbije, Centralnu Srbiju i Vojvodinu (od 12:00 do 4:00 ), odnosno 16,5 sati za teritoriju AP Kosovo i Metohija (od 12:30 do 5:00 sati).

Sa verovatnoćom od 90% može se tvrditi da je raspon moguće pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta jakih kiša za celu teritoriju Republike Srbije kao i za njene delove 19 sati (od 10:00 do 5:00 sati).

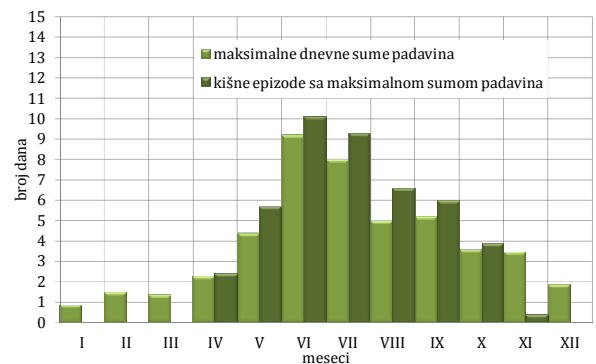
## 6. REGIONALIZACIJA VEROVATNOĆE POJAVE JAKIH KIŠA TOKOM KALENDARSKJE GODINE

Za potrebe inženjerske prakse veoma je važan podatak kada se u toku godine očekuju kiše jakog intenziteta. S tim u vezi, sračunate su zastupljenosti ukupnog broja dana sa pojavom maksimalnih kišnih epizoda, kao i brojem dana sa maksimalnim dnevnim sumama

padavina po mesecima, za sve razmatrane pluviografske stanice. Unutargodišnja zastupljenost prosečne vrednosti ukupnog broja dana sa pojavom maksimalnih kišnih epizoda i dana sa maksimalnom dnevnom sumom padavina za teritoriju Republike Srbije, numerički je prikazana u tabeli 7, i grafički na slici 21.

Tabela 7. Prosečne vrednosti ukupnog broja dana sa pojavom kišnih epizoda sa maksimalnom sumom padavina (MSP) i maksimalnim dnevnim sumama padavina (MDP) u toku godine na teritoriji Srbije

	meseci						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
MSP -dani	0,9	1,5	1,4	2,3	4,4	9,2	8,0
%	1,9	3,2	3,0	4,9	9,4	19,6	17,1
MDP - dani	-	-	-	2,4	5,7	10,1	9,3
%	-	-	-	5,4	12,8	22,8	21,0
	VIII	IX	X	XI	XII		
MSP -dani	5,0	5,2	3,6	3,5	1,9	46,9	
%	10,7	11,1	7,7	7,5	4,1		
MDP - dani	6,6	6,0	3,9	0,4	-	44,4	
%	14,9	13,5	8,8	0,9	-		



Slika 21. Unutargodišnja zastupljenost broja kišnih dana na teritoriji Republike Srbije

Može se zaključiti da se na teritoriji Republike Srbije maksimalne dnevne sume padavina mogu pojaviti u toku čitave kalendarske godine, što se ne može zaključiti i za kišne epizode sa maksimalnom sumom padavina. Mesec sa najučestalijom pojavom maksimalnih dnevnih suma padavina je jun, a sa najmanjom učestalošću je januar. Više od 58% slučajeva maksimalne dnevne sume padavina javlja se u letnjem periodu, od juna do septembra (četiri meseca). Maksimalne kišne epizode takođe se najčešće javljaju u mesecu junu, a najmanje u mesecu novembru. Najveća učestalost maksimalnih kišnih epizoda je u letnjoj sezoni, kada se u periodu od juna



do avgusta (tri meseca), pojavljuje više od 58% slučajeva.

Analogni rezultati za teritoriju Centralne Srbije i za autonomne pokrajine Vojvodinu i Kosovo i Metohiju, prikazani su numerički u tabeli 8, i grafički na slikama 22, 23 i 24.

Tabela 8. Prosečne vrednosti ukupnog broja dana sa pojavom kišnih epizoda sa maksimalnom sumom padavina (MSP) i maksimalnim dnevnim sumama padavina (MDP) u toku godine po administrativnim celinama Republike Srbije

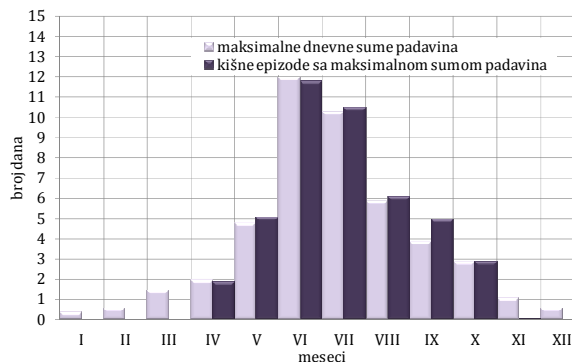
		meseci						
		Centralna Srbija						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
MSP -dani		0,5	1,6	1,1	2,5	4,7	9,1	7,9
%		1,0	3,3	2,3	5,2	9,7	18,8	16,4
MDP - dani		-	-	-	2,8	5,9	10,2	9,4
%		-	-	-	6,1	12,8	22,2	20,4
		VIII	IX	X	XI	XII	□	
MSP -dani		5,1	5,9	3,7	3,8	2,4	48,3	
%		10,6	12,2	7,7	7,9	5,0		
MDP - dani		7,2	6,5	3,5	0,5	-	46,0	
%		15,7	14,1	7,6	1,1	-		
		AP Vojvodina						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
MSP -dani		0,4	0,6	1,5	2,0	4,8	12,0	10,3
%		0,9	1,3	3,3	4,3	10,4	26,1	22,4
MDP - dani		-	-	-	1,9	5,1	11,8	10,5
%		-	-	-	4,4	11,8	27,2	24,2
		VIII	IX	X	XI	XII	□	
MSP -dani		5,9	3,9	2,9	1,1	0,6	46,0	
%		12,8	8,5	6,3	2,4	1,3		
MDP - dani		6,1	5,0	2,9	0,1	-	43,4	
%		14,1	11,5	6,7	0,2	-		
		AP Kosovo i Metohija						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
MSP -dani		4,7	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	4,7
%		11,3	7,2	7,2	4,8	4,8	7,2	11,3
MDP - dani		-	-	-	1,7	5,7	5,3	5,7
%		-	-	-	4,5	15,2	14,1	15,2
		VIII	IX	X	XI	XII	□	
MSP -dani		2,3	4,0	4,7	8,0	2,7	41,7	
%		5,5	9,6	11,3	19,2	6,5		
MDP - dani		4,3	5,3	9,3	0,3	-	37,6	
%		11,4	14,1	24,7	0,8	-		

U Centralnoj Srbiji mesec sa najučestalijom pojavom maksimalnih dnevnih suma padavina i maksimalnom kišnom epizodom je jun. Period sa najučestalijom pojavom maksimalnih dnevnih suma padavina je jun–septembar (četiri meseca), sa prosečnom pojavom u 57,8% slučajeva. Period sa najučestalijom pojavom maksimalnih kišnih epizoda je jun–avgust (tri meseca)

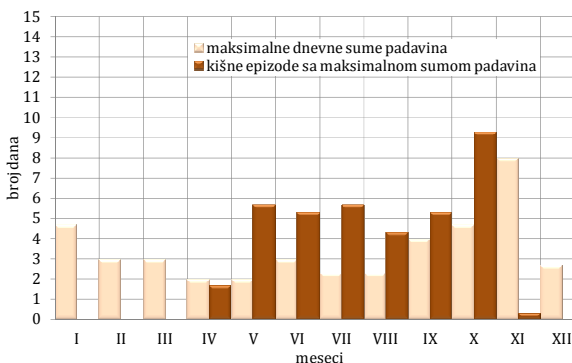
kada se očekuje preko 58% slučajeva. Najmanja učestalost pojave maksimalnih dnevnih suma padavina je u zimskom periodu, januar–mart (tri meseca), kada se očekuje samo 6,8% slučajeva sa pojavom jakih kiša kratkih trajanja.



Slika 22. Unutargodišnja zastupljenost broja kišnih dana na teritoriji Centralne Srbije



Slika 23. Unutargodišnja zastupljenost broja kišnih dana na teritoriji AP Vojvodina



Slika 24. Unutargodišnja zastupljenost broja kišnih dana na teritoriji AP Kosovo i Metohija

Na teritoriji AP Vojvodine maksimalne dnevne sume padavina pojavljuju se takođe tokom čitave kalendarske godine. Najveća učestalost maksimalnih dnevnih suma

padavina, kao i maksimalnih kišnih epizoda je u junu. U toku perioda jun–avgust pojavljuje se u proseku više od 61% maksimalnih dnevnih suma padavina, dok se maksimalne kišne epizode pojavljuju, takođe, u istom periodu, sa prosečnom zastupljenošću od preko 65%. Mesec sa najmanjom učestalošću maksimalnih dnevnih suma padavina je januar, a sezona sa najmanjom zastupljenošću maksimalnih dnevnih padavina je zima, kada se u periodu od decembra do februara (tri meseca) pojavljuje samo 3,6% slučajeva.

Na teritoriji AP Kosovo i Metohija, režim jakih kiša kratkih trajanja je sasvim različit od severne pokrajine. Najučestalija pojava maksimalnih dnevnih suma padavina je u novembru mesecu, dok je najučestalija pojava kiša jakog intenziteta u oktobru mesecu (nažalost, u novembru uglavnom prestaje rad pluviografskih stanica). Period sa najučestalijim maksimalnim dnevnim sumama padavina je oktobar–januar, kada se pojavljuje oko 48% slučajeva. Učestalost pojave maksimalnih kišnih epizoda u periodu rada pluviografskih stanica je uglavnom izjednačena, sa izuzetkom meseca oktobra. Periodi sa najmanjom učestalošću maksimalnih dnevnih suma padavina su prolećni i letnji, gde se u dvomesečnim periodima, april–maj očekuje 9,6%, a jul–avgust 11,2% slučajeva.

Na kraju se može izvesti generalni zaključak da pri formiranju kiša jakog intenziteta, a kratkih trajanja, na severu teritorije Republike Srbije preovlađuje kontinentalni klimatski režim, u Centralnoj Srbiji umereno-kontinentalni, a na jugu Srbije uticaj mediteranske klime.

## 7. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena prostorna regionalizacija kvantitativnih karakteristika kiša jakog intenziteta u Srbiji i to: verovatnoća trajanja kiša jakog intenziteta, verovatnoće pojave kiša jakog intenziteta u toku dana (24 časa) i u toku godine i verovatnoće pojave maksimalnih jednočasovnih intenziteta u toku 24 časa. Sve analize su urađene na osnovu raspoloživih podataka na pluviografskim stanicama koje su u nadležnosti Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Rezultati sprovedenih analiza prikazani su kumulativno za teritoriju Republike Srbije, kao i za njene

administrativne celine: Centralnu Srbiju, AP Vojvodinu i AP Kosovo i Metohiju.

## ZAHVALNOST

Ulazni podaci očitani sa pluviografskih traka, koji su bili podloga za analize prezentirane u ovom radu, preuzeti su iz naučnog projekta „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“ (TR-37005) za period 2011–2014. godine Ministarstva prosvete i nauke RS.

## LITERATURA

- [1] Janković D., (1994), Karakteristike jakih kiša na teritoriji Srbije, Građevinski kalendar, Beograd.
- [2] Petković T., (1976): *Određivanje računskih karakteristika kiša*, Savetovanje o hidrologiji malih slivova; JDH, Budva.
- [3] Prohaska S., Vesna Ristić V., (2002): *Hidrologija kroz teoriju i praksu*, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [4] Prohaska S., (2003): *Hidrologija I deo*, Rudarsko-geološki fakultet, Institut „Jaroslav Černi“, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd.
- [5] 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.
- [6] Prohaska S., Koprivica A., Bartoš Divac V., Ilić A., Čatović S., Đukić D., Kapor B., (2012): *GIS prezentacija hidrometeoroloških parametara bitnih za zaštitu voda*, 41. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, VODA 2012, Divčibare.
- [7] Prohaska S., Kapor B., Ilić A., Čatović S., Đukić D., Bartoš Divac V., Marjanović S., Koprivica A., (2012): *Trajanje kiša jakog intenziteta i njihova raspodela u toku dana u Srbiji*, 16. Savetovanje SDHI i SDH, Donji Milanovac.

## REGIONALIZATION OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF HIGH INTENSITY RAINS

by

Prof. dr Stevan PROHASKA, Vladislava BARTOŠ DIVAC,  
Institute for the development of water resources „Jaroslav Černi“, Belgrade

### Summary

In this work are presented the results of regionalization of quantitative characteristics of high intensity rains in Serbia, based on analysis of data from 30 pluviograph stations. The regionalization is performed for the duration of high intensity rains, distribution of most likely appearance during one day (24 hours) and during one calendar year, as well as for the appearance of a maximum one-hour rainfall intensity during the day. The regionalization of these parameters was performed for

the whole territory of Serbia and its administrative entities: Central Serbia, Vojvodina and Kosovo and Metohija.

Keywords: intensities of heavy rains, rainfall duration, the probability of appearance of heavy rains during the day, the probability of appearance of heavy rains during the year, the probability of appearance of the maximum one-hour rainfall intensities during the day.

Redigovano 13.11.2013.