

NEKI REZULTATI ISPITIVANJA PROMENA GODIŠNJIH I
SEZONSKIH KOLIČINA PADAVINA U BEOGRADU U PERIODU 1887-1986. GODINE

Danica Spasova
REPUBLIČKI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD SR SRBIJE
BEOGRAD, JUGOSLAVIJA

1. UVOD

U radu je prikazan deo rezultata analize statističke strukture vremenskih redova, srednjih sezonskih i godišnjih količina padavina za Beograd, za period 1887-1986. godine prema podacima Meteorološke opservatorije u Beogradu. Iako Opervatorija nije menjala svoje mesto od osnivanja do danas, njen položaj u odnosu na centar grada se bitno promenio što je uslovio promenu meteoroloških elemenata pri čemu se te promene najjasnije uočavaju kod temperature vazduha i padavina, sl.1 [1,2].

Ispitivanjem homogenosti redova ustanovljena je takozvana "klizeća" nehomogenost u periodu 1920-1950. godina, odnosno u periodu naglog širenja grada, kako u pogledu izgradnje stambenih objekata, tako i u pogledu razvoja industrije, saobraćaja i drugih aktivnosti.

2. METOD RADA

Pri analizi varijacija padavina uže su stvarne vrednosti sezonskih (zimskih, prolećnih, letnjih, jesenjih) i godišnjih količina padavina za stogodišnji period osmatranja.

Za ispitivanje homogenosti sezonskih i godišnjih količina padavina korišćen je metod Studenta (t^*).

Ocena statističkih svojstava vremenskih redova stvarnih podataka izvršena je pomoću uravnatih vrednosti dobijenih operatorm kliznog osrednjavanja-srednje petogodišnje vrednosti sa vremenskim korakom od 1 godine. U cilju kvalitativnog ispitivanja frekventne strukture kolebanja posmatranih redova izračunata je normirana autokorelaciona funkcija

$$R(\tau) = \frac{\sum_{t=1}^{n-\tau} (X_t - \bar{X}_1)(X_{t+\tau} - \bar{X}_2)}{\left[\sum_{t=1}^{n-\tau} (X_t - \bar{X}_1)^2 \sum_{t=1}^{n-\tau} (X_{t+\tau} - \bar{X}_2) \right]^{1/2}}$$

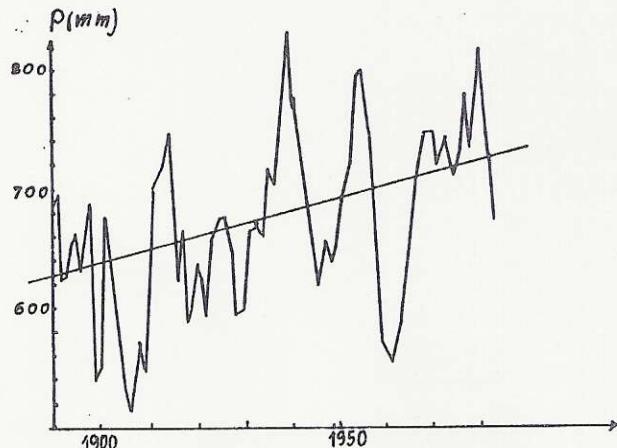
Gde je: R - koeficijent korelacijske između srednjih godišnjih (sezonskih) količina padavina razdvojenih intervalom vremena τ ; X_t , $X_{t+\tau}$ - srednje godišnje (sezonske) u vremenu t , $t+\tau$; \bar{X}_1 , \bar{X}_2 - srednje vrednosti prvih $n-\tau$ i poslednjih $n-\tau$ članova reda; n - broj članova reda.

Na osnovu oblika autokorelacione funkcije ustanovljeno je da ispitivani proces pored slučajne komponente sadrži nekoliko periodičnih komponenti koje se mogu aproksimirati poznatim statističkim metodama.

Za utvrđivanje periodičnih komponenti kolebanja padavina korišćen je stohastički model sledećeg oblika:

$$X_t = \bar{X} + \sum_{j=1}^J A_j \cos\left(\frac{2\pi}{T_j} t - \gamma_j\right) + Z_t,$$

gde je: X_t - analizirani red srednjih sezonskih i godišnjih količina padavina; \bar{X} - srednje godišnje (sezonske) količine padavina. A_j , T_j i γ_j - amplituda, period i početna faza svake izdvojene periodične komponente; Z_t - slučajna komponenta.



Sl.1 Vekovni hod uravnatih godišnjih količina padavina, Beograd-Vračar

Uz pretpostavku de je srednja vrednost slučajne Z_t jednaka 0, i da su u svakom fiksnom vremenu t , odstupanja podčinjena normalnom zakonu raspodele, ocena parametara A_j , T_j i γ_j izvršena je na osnovu minimuma veličine u:

$$U = \sum_{t=0}^T \left[X_t - \bar{X} - \sum_{j=1}^J A_j \cos\left(\frac{2\pi}{T_j} t - \gamma_j\right) \right]^2 = \min,$$

koristeći poznatu trigonometrijsku transformaciju :

$$A_j \cos\left(\frac{2\pi}{T_j} t - \gamma_j\right) = d_j \cos \frac{2\pi}{T_j} t + C_j \sin \frac{2\pi}{T_j} t,$$

$$\text{gde je } A_j = \sqrt{C_j^2 + d_j^2} \text{ i } \operatorname{tg} \gamma = \frac{C_j}{d_j}.$$

Diferenciranjem prethodne jednačine po d_j i C_j dobijeni su izrazi za izračunavanje novih promenljivih d_j i C_j .

$$\sum_{t=0}^T (X_t^* - d_j \cos \frac{2\pi}{T_j} t) \cos \frac{2\pi}{T_j} t = 0$$

$$\sum_{t=0}^T (X_t^* - C_j \sin \frac{2\pi}{T_j} t) \sin \frac{2\pi}{T_j} t = 0,$$

gde je $X_t^* = X_t - \bar{X}$.

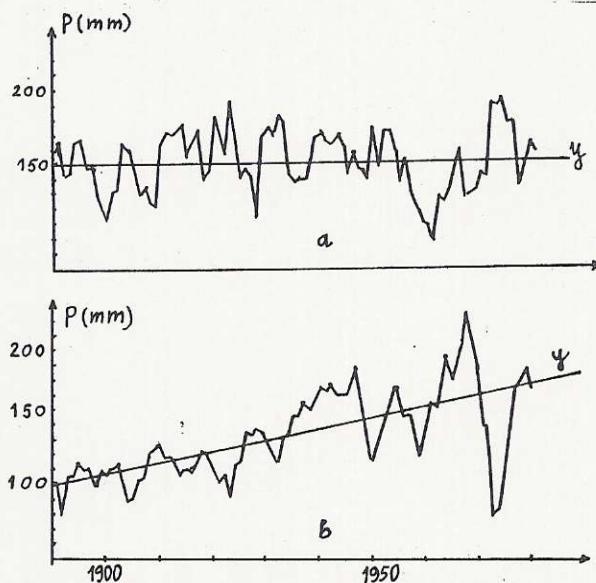
Ovim postupkom dobijena je jednačina za aproksimaciju redova prolećnih količina padavina koja ima sledeći oblik:

$$X_t = \bar{X} + 6,029 \cos\left(\frac{2\pi}{58}t - 1,32\right) + 8,1722 \cos\left(\frac{2\pi}{22}t - 0,00008\right) + 0,127 \cos\left(\frac{2\pi}{7}t - 0,007\right) + 10,83 \cos\left(\frac{2\pi}{15}t - 0,02\right).$$

3. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Analizom homogenosti vremenskih redova padavina ustanovljeno je da su redovi srednjih godišnjih, zimskih i letnjih količina padavina klimatološki nehomogeni. S obzirom da se radi o tzv. "klizećoj" nehomogenosti koja nastaje, uglavnom kao rezultat rasta i industrijalizacije grada to se prema vrednostima parametra t^* [3] može zaključiti da je značajnije povećanje godišnjih, zimskih i letnjih količina padavina nastupilo u periodu od 1930. godine (sl.1,2).

Obzirom da je utvrđena klimatološka nehomogenost vremenskih redova za zimski, letnji i godišnji period, u sledećoj fazi izvršena je ocena statističke homogenosti redova, odnosno njihove stacionarnosti. Na osnovu niza odstupanja članova reda od srednje aritmetičke vrednosti za ceo period osmatranja, od 30-40-tih godina ovog veka uočava se porast godišnjih, zimskih i letnjih količina padavina pri čemu je taj rast imao karakter trenda. Uočena statistička nehomogenost nastaje kao rezultat dejstva klimatskih promena na širokom području pod uticajem prirodnih i antropogenih faktora.



Sl. 2 Vekovni hod uravnatih sezonskih količina padavina:
a) jesenjih; b) zimskih; c) prolećnih; d) letnjih, i y)-linearna aproksimacija trenda, za Beograd, period 1887-1986.

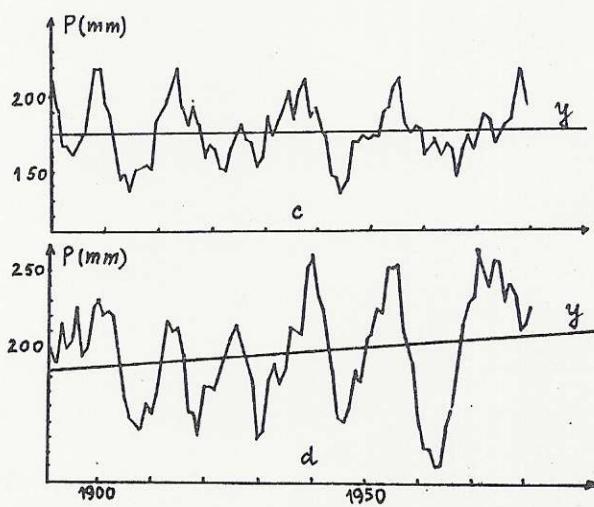
Linearna aproksimacija trenda ukazuje da brzina promene srednjih godišnjih, zimskih i letnjih količina padavina u Beogradu iznosi 1,22 ; 0,8 ; i 0,3 mm respektivno, dok se kod prolećnih i jesenjih količina padavina ne uočavaju nikakve promene u smislu povećanja, odnosno smanjivanja vrednosti u ispitivanom stogodišnjem periodu.

Analizom autokorelace funkcije $R(\tau)$ uočane su periodične komponente sa sledećim periodima: 2-3, 25-26, 39-41, 54-56 godina (za godišnje količine padavina); 2-4, 9-13, 23-24 godine (za zimske količine padavina); 2-7, 15-16, 23-24, 38-42, 58 godina (za prolećne količine padavina); 2-3, 14-16, 41-42, 54-56 godina (za letnje količine); 2, 29-30, 56-63 godine (za jesenje količine padavina).

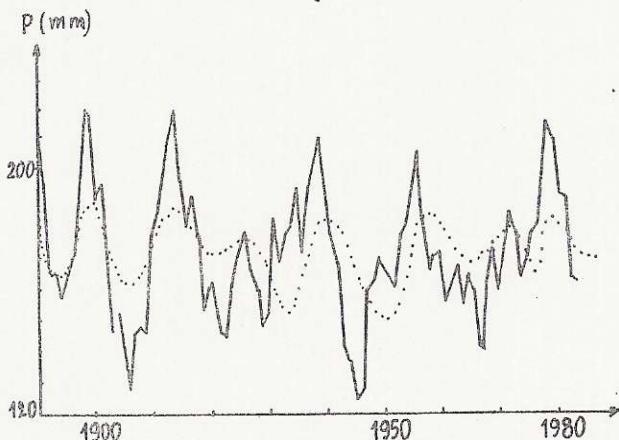
Analizom reda uravnatih prolećnih količina padavina uočena su ciklična kolebanja sa periodima od 58, 42, 41, 40, 39, 38, 24, 23, 16, 15, 7, 4, 3, 2 godina, pri čemu su 15-godišnja kolebanja imala najveću amplitudu, sa značajnim sekundarnim harmonikama od 22, 3, 58 i 7 godina.

Na osnovu dobijenih rezultata došlo se do napred navedene jednačine za aproksimaciju proučavanog reda.

Napomenimo da je u ovom slučaju, za slučajnu komponentu \hat{Z}_t uzeta je vrednost $= 0$, s obzirom da nije utvrđena tendencija porasta, odnosno smanjenja prolećnih količina padavina. Na sl. 3. prikazani su rezultati simulacije hoda prolećnih količina padavina za period 1887-1987. godina, sumom najznačajnijih harmonika za ovaj period.



Kao što se može uočiti pomenutom metodom se mogu uspešno aproksimirati ci klična kolebanja vremenskih redova padavina uz uvažavanje spoljašnjih mehanizma bitnih za varijacije proučavanog elementa. Međutim, u pogledu izračunatih vrednosti prolećnih količina padavina, postoji značajne razlike u odnosu na stvarne vrednosti padavina, što nalaže uključivanje većeg broja harmonika.



Sl.3. Vekovni hod uravnatih prolećnih količina padavina za Beograd, period 1887-1986;
- stvarne vrednosti
...izračunate vrednosti

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće:

-U pogledu homogenosti vremenskih redova sezonskih i godišnjih količina padavina za Beograd, ustanovljena je nehomogenost kod niza godišnjih, zimskih i letnjih padavina. Ovakve promene pored prirodnih faktora uslovili su urbani, to pografski i kombinovani urbano-topografski efekti.

SOME RESULTS OF THE STUDY OF ANNUAL AND SEASONAL PRECIPITATION AMOUNT CHANGES IN BELGRADE IN THE PERIOD 1887-1986.

Danica Spasova
Hydrometeorological Institute of SR Serbia
Beograd, Yugoslavia

On the basis of long-term precipitation data series for Belgrade, the study of statistical structure of time series of annual and seasonal precipitation amounts was made, as well as their century-old trend.

Applying the harmonic analysis method the rytmic variation parameters were determined, od the basis of which the initial series were approximated by the harmonic sum of different time proportions.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ИЗМЕНЕНИЯМИ ГОДОВОГО И СЕЗОННОГО КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ В БЕЛГРАДЕ ЗА ПЕРИОД С 1887 по 1986 г.г.

Даница Спасова
Гидрометеорологический Институт СР Сербии
Белград, Югославия

На основании многолетнего ряда данных об осадках в Белграде, проведено исследование статистической структуры временных рядов годового и сезонного количества осадков, а также и их тренда за столетний период.

При помощи метода гармонического анализа определены параметры ритмических колебаний, на основании чего начальные ряды аппроксимированы суммой гармоник различных временных размеров.

-Značajnije povećanje godišnjih, zimskih i letnjih količina padavina koje je imalo karakter trenda, nastupilo je posle 1930.godine.

-Brzina promene godišnjih, zimskih i letnjih količina padavina u Beogradu za posmatrani period iznosi 1,22; 0,8 i 0,3 mm što predstavlja značajan porast u poslednjem stoljeću, posebno u pogledu zimskih količina padavina.

-U pogledu karakteristika parametra cikličnih kolebanja padavina u vekovnom hodu uočavaju se primarna ritmička kolebaja nižih frekvencija 15-16, 22-24, 38-42, 56-63 godišnja kolebanja usložnjena harmonikama visokih frekvencija.

-vremenski redovi padavina mogu se uspešno aproksimirati sumom periodičnih kolebanja visoke značajnosti njihovih parametara-amplitude i perioda.

Ovi rezultati omogućavaju dalju analizu i utvrđivanje lokalnih uticaja na unutar sezonske promene padavina u Beogradu.

LITERATURA:

1. Landsberg, H.E. 1983: The Urban Climate, Institute for Physical Science and Technology, Maryland
2. Huff, F.A., 1975. Urban effects on the distribution of heavy convective rainfall, Water Resour. Res., 11
3. Oke, T.R., 1977. Review of urban climatology 1973-1976, Dept. of Geography, University of British Columbia
4. Spasova D. 1983: Ispitivanje promena temperature vazduha u Beogradu, za period 1888-1982. Zbornik radova sa savetovanja o atmosferskim i rečnim elementarnim nepogodama, RHMZ SR Srbija