

ANALIZA IZDAŠNOSTI MALIH VODA U SLIVU RIJEKE SAVE

Analysis of Low-Flow Abundance in the Sava River Basin

DUŠAN TRNINIĆ

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb
Primljeno 8. srpnja 1987, u konačnom obliku 20. srpnja 1987.

Sažetak: Jedna od osnovnih karakteristika sliva rijeke Save je osjetni deficit voda u sušnom periodu godine. U ovom radu se prezentira izdašnost malih voda u čitavom slivu rijeke Save. Za analiziranje su korišteni podaci iz arhiva hidrometeorološke službe Jugoslavije, gdje se većina podataka (za 71,9% analiziranih stanica) nalazi u Banci hidroloških podataka (u daljnjem tekstu: BHP). Izdašnost malih voda prikazana je regionalno u mm/dan. Istraživane su i veze između modularnih vrijednosti i koeficijenta varijacije minimalnih godišnjih protoka. Dana je i statistička ocjena linearnih regresionih zavisnosti gore navedenih veza. Analize su pokazale deficit voda u slivu rijeke Save. Iz ove konstatacije proizlazi potreba za planskim usmjeravanjem razvoja industrijskih i urbanih centara prema područjima u kojima postoje povoljniji uvjeti za osiguranje potrebnih količina vode.

Ključne riječi: male vode, Sava, regionalna hidrološka analiza, statistička analiza hidroloških podataka za Savu.

Abstract: One of the basic characteristics of the Sava River basin is an expressed water deficit in the drought period of the year. In this paper the abundance of the flow is presented for the entire river basin. For this analysis the archive data from Yugoslav hydrometeorological Service are used, where most data (71.9 percent of analysed stations) are placed in data bank. The low-flow is presented regionally in mm/day. The correlations between module values and variation coefficients of minimum annual discharges is studied, and the statistical appraisal of their linear regression dependence is given.

The results of the analysis have indicated a water deficit in the Sava River basin. This indicates the need for a planned development direction of industrial and urban centers according to the region where satisfactory conditions exist for the necessary water supply.

Key words: low-flow of Sava River, regional hydrological analysis, statistical analysis of hydrological data for Sava

1. UVOD

Poznato je da na slivnom području rijeke Save, koje zauzima 37,4% površine Jugoslavije, živi oko 8,5 milijuna stanovnika. Prosječna naseljenost u slivu je veća od prosječne za čitavu zemlju. Treba naglasiti da je na ovom slivnom području koncentrirano 40% zaposlenog stanovništva Jugoslavije, odnosno 48,3% ukupnog broja zaposlenih u industriji i poljoprivredi.

Jedna od osnovnih karakteristika sliva rijeke Save je osjetni deficit voda u sušnom periodu godine. U ovom radu se govori o izdašnosti malih voda u slivu rijeke Save i nastoji se ukazati na značajnost intenzivnog istraživanja ovih procesa. Primjena dosadašnjih rezultata ovih istraživanja treba naći primjenu u: vodoopskrbi, riječnoj plovidbi, elektroprivredi, poljoprivredi, zaštiti voda itd. Slične analize prikazane su i u radovima: Beran i Gustard, 1977; Jovanović i Radić, 1985, i Ocočoljić, 1983.

2. REGIONALNA ANALIZA IZDAŠNOSTI MALIH VODA

Koristeći hidrološke podatke iz arhiva hidrometeorološke službe Jugoslavije obrađeni su, za jedinstveni period 1949-1984. godine, podaci o malim vodama. Na početku rada smo raspolagali sa nizovima za 68 hidroloških stanica, ali je nakon analize homogenosti vremenskih nizova minimalnih godišnjih protoka (test Smirnov-Kolmogorova i usvojeni prag značajnosti od $\alpha = 0,05$) za daljnju obradu ostalo 57 stanica. Treba naglasiti da se za čak 71,9% analiziranih stanica hidrološki podaci nalaze u BHP.

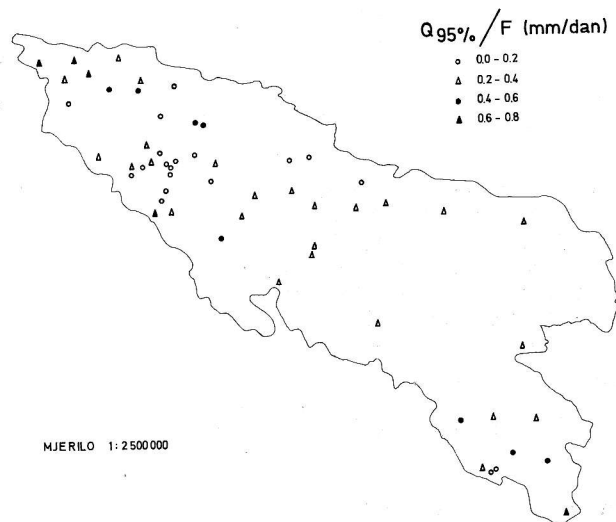
Površine tretiranih slivova se kreću u granicama od 50 km² (v. st. Šavnik, Bijela) do 87996 km² (v. st. Sremska Mitrovica, Sava). Najveća je zastupljenost slivova sa površinom od 1000 do 5000 km² (35,1%), dok su za 38,6% slučajeva površine slivova ispod 1000 km².

Koristeći podatke i programe iz BHP za sve vremenske serije minimalnih godišnjih protoka, obrađene su standar-

dne statističke analize (srednja mala voda, koeficijenti varijacije i asimetrije, 80%, 90% i 95% vjerovatnoća pojave, kao i neke druge veličine. Interesantno je spomenuti da su analize pokazale da koeficijent varijacije (C_v) ima najveću učestalost u intervalu od 0,2 do 0,3 (43,8%).

Na slici 1. je prezentiran regionalni prikaz izdašnosti malih voda u slivu rijeke Save. Izdašnost sliva q_{min} [mm/dan] prikazana je kao odnos 95% vjerovatnoće pojave minimalnih godišnjih protoka [$m^3 \cdot s^{-1}$] i površine sliva [km^2]. Rezultati ove analize su pokazali da je za 87,7% analiziranih stanica izdašnost sliva q_{min} manja od $5 l \cdot s^{-1} km^{-2}$ dok je za 43,8% stanica izdašnost manja od $2 l \cdot s^{-1} km^{-2}$.

Iz ovih podataka se vidi da se u većoj ili manjoj mjeri osjeća nedostatak voda, što može imati dalekosežne i nesagledive posljedice na privredni razvoj čitavog područja sliva Save.



Sl. 1. Izdašnost malih voda u slivu rijeke Save
Fig. 1. Abundance of low-flow in the Sava River basin

3. VEZA IZMEĐU MODULNIH VRIJEDNOSTI I KOEFICIJENTA VARIJACIJE

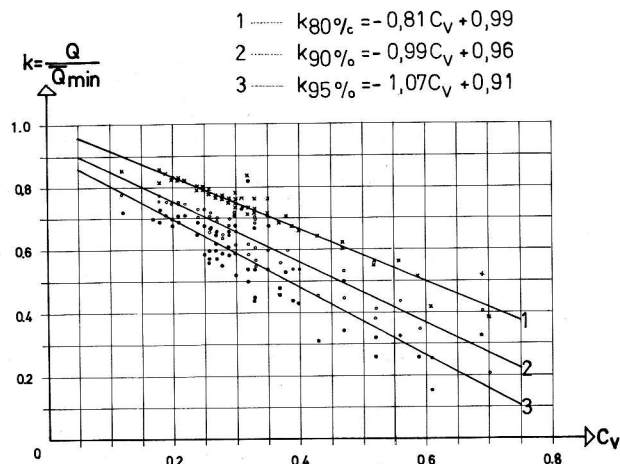
Praksa je pokazala da postoji čvrsta linearna veza između modulnih vrijednosti minimalnih godišnjih protoka (različitih vjerovatnoća pojave) i koeficijenta varijacije (Jovanović i Radić, 1985).

Na slici 2. su prikazane zavisnosti $k_{80} = f(C_v)$, $k_{90} = f(C_v)$ i $k_{95} = f(C_v)$, gdje je $k_{80} = Q_{80}/Q_{min}$, $k_{90} = Q_{90}/Q_{min}$ i $k_{95} = Q_{95}/Q_{min}$. Rezultati ove analize su potvrdili ranija iskustva da postoji čvrsta veza između modulnih vrijednosti i koeficijenta varijacije.

3.1. Statistička ocjena linearnih regresionih zavisnosti

Za gore navedene zavisnosti u tablici 1. su prikazane osnovne karakteristike: srednje vrijednosti i standardne devijacije zavisno promjenjive, standardne greške i koeficijenti korelacije.

Ako se, prema Apollovu, Kalininu i Komarovu (1974) kao kriterij točnosti regresione veze uzme da je čvrstina veze dobra kada je $s/\sigma_y \leq 0,4$ i $r \geq 0,9$, onda izlazi da zavisnosti br. 1 i br. 2 zadovoljavaju ovaj kriterij. Ocjena točnosti zavisnosti br. 3 spada u kategoriju zadovoljavajućih ($s/\sigma_y \leq 0,6$ i $r \geq 0,8$).



Sl. 2. Veza između modulnih vrijednosti minimalnih godišnjih protoka (vjerovatnoća 80%, 90% i 95%) i koeficijenta varijacije serije minimalnih godišnjih protoka (C_v).

Fig. 2. Correlation between module values of minima annual discharges probability 80%, 90%, and 95% and variation coefficients of minima annual discharges series (C_v).

R. b.	Jednadžbe	Zavisno promjenjiva		Stand. greška S	$\frac{s}{\sigma_y}$	r	Ocjena točnosti
		y	σ_y				
1	$k_{80\%} = -0,81 C_v + 0,99$	0,72	0,10	0,03	0,26	0,97	dobra
2	$k_{90\%} = -0,99 C_v + 0,96$	0,63	0,13	0,05	0,38	0,92	dobra
3	$k_{95\%} = -1,07 C_v + 0,91$	0,56	0,15	0,08	0,50	0,87	zadovoljavajuća

Tabela 1. Statistička ocjena linearnih regresionih zavisnosti.
Table 1. Statistical appraisal of linear regression correlation

S obzirom da su za 73,7% slučajeva površine slivova manje od $5000 km^2$ (a za 36,8% slučajeva od 100 do $1000 km^2$), mogu se dobivene relacije, uz stanoviti oprez i rezervu, koristiti za neizučene slivove ovih površina. Za slivove manje od $100 km^2$ (a ti su i najinteresantniji) potrebno je napraviti posebnu analizu. Vidljivo je da se u navedenim relacijama javlja samo jedna nezavisna varijabla (C_v) i da bi za postizanje veće točnosti u zavisnosti trebalo uključiti i dodatne parametre (meteorološke, fizičko-geografske, antropološke i sl.).

4. ZAKLJUČAK

Na osnovi dobivenih rezultata može se zaključiti da se na slivu rijeke Save mogu uspostaviti zadovoljavajuće regresione zavisnosti, koje se u principu mogu koristiti za prenos hidroloških parametara na neizučene slivove. Za slivove koji imaju površinu manju od $100 km^2$ (u našim analizama takvih je bilo samo 1,8%) ove zavisnosti ne bi trebalo upotrebljavati.

Kod analiziranja malih voda treba imati u vidu heterogen geološki sustav u slivu rijeke Save (npr. gotovo četvrtinu sliva čine kraški tereni) koji imaju značajnu ulogu u izdašnosti sliva tokom malovodnih perioda.

Poznato je da postoje velika odstupanja točaka na krivulji protoka za male (i velike) vode. Odstupanja za male vode dolaze od promjena korita, pada i hrapavosti, odnosno od hidrauličkih uvjeta. Evidentno je da za pouzdanije definiranje malih voda treba obaviti što više vodomjerenja u ljetnom i zimskom periodu malih voda (Trninić, 1984).

Morfološkim promjenama korita treba posvetiti daleko veću pažnju, kao i istraživanjima antropoloških utjecaja na karakteristike vodnih resursa (Bonacci i Trninić, 1986).

Sve veće potrebe za vodom (u kvantitativnom i kvalitativnom smislu), te nepovoljna prostorna i vremenska raspodjela vodnih resursa u slivu rijeke Save, upozoravaju da s vodnim količinama treba pažljivo gospodariti. Ovo posebno vrijedi za malovodne periode.

Zbog svega navedenog, planski je potrebno usmjeravati razvoj industrijskih i urbanih centara prema područjima u kojima postoje povoljniji uvjeti za osiguranje potrebnih količina voda.

SUMMARY

Increased water requirements (in the quantitative and qualitative sense) and inconvenient spatial and temporal distribution of water resources in the Sava River basin direct attention to careful management and caution with water supply. This is especially true for low-flow periods.

Using data and programmes from the hydrological data bank for all time series of minimum annual discharges, the standard statistical analyses are processed (mean flow, coefficients of variation and asymmetry, 80, 90 and 95 percentage probability of occurrence, and some other quantities).

Fig. 1 presents a regional review of abundance of low flow in the Sava River basin ($Q_{95}\%/F$ in mm/day).

In Fig. 2 the correlation between module values of minima annual discharges (probability 80%, 90% and 95%) and coefficients of variations of series minima annual discharges (C_v) are shown. Statistical appraisal of these

linear regression correlations are presented in Table 1. Data from this Table show that the strength of correlation is high ($S/\sigma_y \leq 0.4$ and $r \geq 0.9$) for correlation No. 1 and No. 2, whereas correlation No. 3 shows a decrease of accuracy which falls to the category of satisfying values ($s/\sigma_y \leq 0.6$ and $r \geq 0.8$).

On the basis of the performed results of this analysis one can conclude that a water deficit exists in the Sava River basin. This points to a significant need for intensified research of these processes.

LITERATURA

- Apollov, B. A., G. P. Kalinin i B. D. Komarov, 1974: Kurs gidrologičeskih prognozov, Gidrometeoizdat, Leningrad, 415.
- Beran, M. A. i A. Gustard, 1977: A study into the low-flow characteristics of British rivers, *Journal of Hydrology*, 35, 147-157.
- Bonacci, O. i D. Trninić, 1986: Prognoza promjena nivoa podzemnih voda u okolici Zagreba, *Zbornik radova XIII Konferencije podunavskih zemalja o hidrološkim prognozama*, Beograd, 16-19. 09.1986, 133-139.
- Bonacci, O. i D. Trninić, 1986: Analiza uzroka i prognoza promjena vodostaja Save i nivoa podzemnih voda u okolici Zagreba, *Vodoprivreda*, 18, 95-101.
- Jovanović, S. i Z. Radić, 1985: Regionalna analiza hidroloških parametara, *Vodoprivreda*, 17 (93), 3-12.
- Ocokoljić, M., 1983: Izdašnost voda SR Srbije (van teritorije SAP) i primjeri njihovog štetnog djelovanja, *Zbornik radova Savjetovanja o atmosferskim i riječnim elementarnim nepogodama*, Beograd, 27-29.09.1983, 493-505.
- Trninić, D., 1984: Prilog hidrološkoj analizi malih voda, *Građevinar*, 36, 397-404.
- Zelenhasić, E., 1985: Analiza malih rečnih voda, *Poljoprivredni fakultet Novi Sad*, Novi Sad, 107.
- Zelenhasić, E., 1986: Stohastička analiza malih rečnih voda, *Poljoprivredni fakultet Novi Sad*, Novi Sad, 173.