

RASPOLOŽIVI VODNI RESURSI AP VOJVODINE

Vladislava BARTOŠ DIVAC
Vanja VUKELIĆ
Prof. dr Stevan PROHASKA
dr Brankica MAJKIĆ-DURSUN
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

REZIME

Cilj ovog rada je prikaz raspoloživih vodnih resursa na teritoriji AP Vojvodine, odnosno osnovnih elemenata jednačine bilansa na nivou prosečnih višegodišnjih vrednosti. Vrednosti parametara vodnog bilansa prikazane su numerički, po bilansnim jedinicama i za celu teritoriju AP Vojvodine i grafički u vidu GIS karata za teritoriju AP Vojvodine. U radu su prikazane prosečne višegodišnje vrednosti padavina, stvarne evapotranspiracije i oticaja i teorijske vrednosti za različite verovatnoće pojave godišnjih suma padavina, srednjih godišnjih protoka i minimalnih srednjemesečnih protoka.

Ključne reči: vodni resursi, Vojvodina, GIS karte, padavine, specifični oticaj, prosečni višegodišnji protok, minimalni srednjemesečni protok 95% obezbeđenosti.

UVOD

Pod pojmom raspoloživi vodni resurs podrazumeva se količina vode koja je raspoloživa (prisutna) na nekoj teritoriji, koja može nastati na toj teritoriji, ili pak može doticati sa nekog drugog slivnog područja. Na teritoriji AP Vojvodine formira se određena količina površinskih i podzemnih voda, ali znatno veće količine dotiču iz susednih država, kao i sa teritorije Centralne Srbije i AP Kosovo i Metohija. Sve te vode Dunavom otiču u pravcu Crnog mora. Glavni vodni tokovi koji protiču kroz teritoriju AP Vojvodine su međunarodni vodotoci Dunav, Tisa i Sava, kao i vodotoci presečeni državnom granicom sa susednim zemljama i to :

- sa Rumunijom – Zlatica, Stari Begej, Novi Begej, Tamiš, Brzava, Moravica, Rojga, Karaš i Nera
- sa Mađarskom – Potok Plazović, kanal Baja-Bezdan i potok Kereš
- sa Hrvatskom – Bosut.

Domicilne vodotoke čine: reka Nadela u južnom delu Banata, reka Galovica u ravničarskom delu Srema, potok Mesić i Vršački kanal koji dreniraju vodu sa Vršačkog Brega, kao i manji potoci koji dreniraju vodu sa Fruške Gore prema Dunavu i Savi. Voda sa teritorije Vojvodine drenira se, takođe, i preko izgrađenog hidromelioracionog sistema DTD. Ukupna slivna površina slivova domicilnih vodotoka Vojvodine iznosi 21603 km².

Za procenu raspoloživih vodnih resursa na teritoriji AP Vojvodine korišćeni su rezultati hidroloških obrada koje su urađene u okviru izrade *Vodoprivredne osnove Republike Srbije – Hidrometeorološke podloge*, 2009. godine, za potrebe Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije – Direkcije za vode, koju su zajedno izradili Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ i Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Obrada hidrometeoroloških podataka izvršena je za period od 1946. do 2006. godine. Nakon toga su za potrebe istog investitora, korišćenjem podataka obrade iz navedene *Vodoprivredne osnove Republike Srbije*, formirane GIS karte glavnih elemenata bilansa voda za teritoriju Republike Srbije. Baza za definisanje raspoloživih vodnih resursa na teritoriji AP Vojvodine su formirane GIS karte. Izdvajanjem teritorije AP Vojvodine (poštujući oficijelne granice) iz GIS karata elemenata vodnog bilansa na teritoriji Republike Srbije dobijene su odgovarajuće GIS karte za teritoriju AP Vojvodine.

METODOLOGIJA PRORAČUNA

Primenom GIS tehnologije, na osnovu karata osnovnih elemenata vodnog bilansa za teritoriju AP Vojvodina, definisane su prosečne vrednosti elemenata vodnog bilansa za odabrana slivna područja - bilansne jedinice

unutar AP Vojvodine, kao i za ukupnu slivnu površinu pokrajine.

Granice bilansnih jedinica na teritoriji AP Vojvodine definisane su na osnovu sagledavanja prioriternih pravaca kretanja vode u procesu formiranja rečnog oticaja na ovom području. Na taj način definisane su sledeće bilansne jedinice:

- Gornji Dunav - slivna površina koja se drenira ka Dunavu iz Bačke i sa Fruške Gore,
- Tisa - Banat - slivna površina koja se drenira ka Tisi iz Banata,
- Tisa - Bačka - slivna površina koja se drenira ka Tisi iz Bačke,
- Sliv DTD - Banatski vodotoci - slivna površina koja se drenira u kanal DTD preko banatskih vodotoka,
- Tamiš - Nadela - slivna površina Tamiša i Nadele u Banatu i
- Sava – Srem - slivna površina koja se drenira ka Savi iz Srema i dela Mačve.

Za potrebe sagledavanja stanja vodnih resursa na teritoriji AP Vojvodine korišćene su sledeće GIS karte elemenata vodnog bilansa na teritoriji Republike Srbije:

1. Karte prosečnih višegodišnjih realizovanih vrednosti:
 - suma padavina (mm)
 - suma stvarne evapotranspiracije (mm)
 - specifičnog oticaja ($l/s/km^2$)
2. Karte računskih prosečnih višegodišnjih vrednosti suma padavina (mm):
 - za vrlo vlažnu godinu, $p=5\%$
 - za srednje vlažnu godinu, $p=50\%$

- za sušnu godinu, $p=80\%$
- za vrlo sušnu godinu, $p=95\%$

3. Karte računskih prosečnih višegodišnjih vrednosti specifičnog oticaja ($l/s/km^2$):

- za vrlo vlažnu godinu, $p=5\%$
- za vlažnu godinu, $p=20\%$
- za srednje vlažnu godinu, $p=50\%$
- za sušnu godinu, $p=80\%$
- za vrlo sušnu godinu, $p=95\%$

4. Karte računskih minimalnih srednjemesečnih vrednosti specifičnog oticaja ($l/s/km^2$):

- za obezbeđenost $p=50\%$
- za obezbeđenost $p=80\%$,
- za obezbeđenost $p=95\%$,

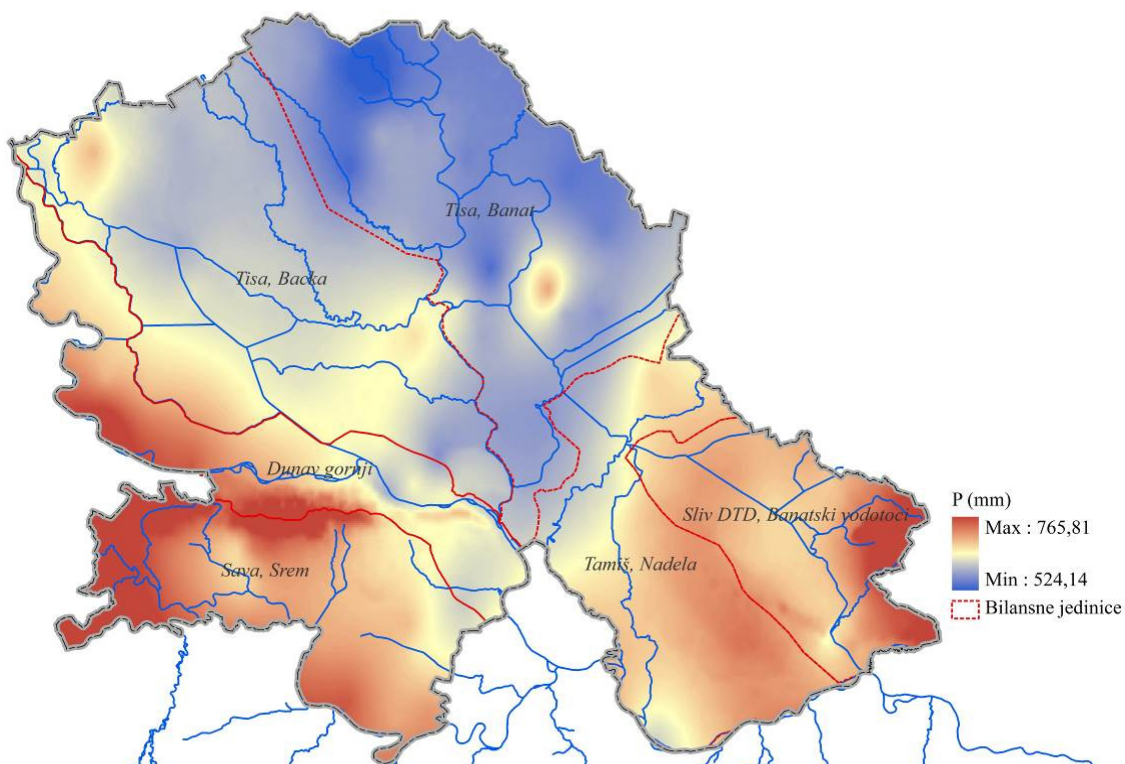
PRIKAZ REZULTATA

Elementi vodnog bilansa na teritoriji AP Vojvodine za realizovane i za računске vrednosti karakterističnih verovatnoća pojave prikazani su numerički - po bilansnim jedinicama i za teritoriju cele AP Vojvodine i grafički - u vidu GIS karta za celu teritoriju AP Vojvodine sa naznačim granicama bilansnih jedinica.

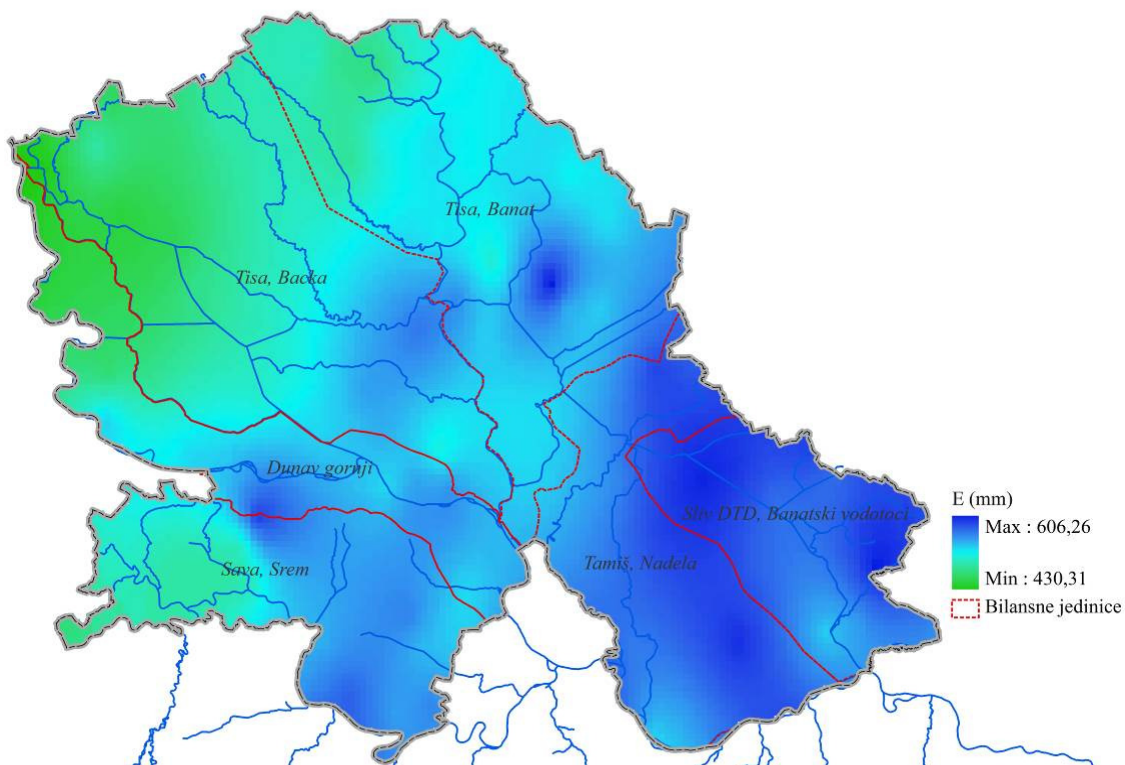
Prosečne višegodišnje vrednosti sledećih pokazatelja vodnog bilansa: padavina, protoka, zapremine otekle vode, sloja oticaja, evapotranspiracije i specifičnog oticaja za sve bilansne jedinice, kao i sumarno za celu teritoriju Vojvodine prikazani su numerički u tabeli 1. Grafički prikaz prosečnih godišnjih vrednosti suma padavina, evapotranspiracije i specifičnog oticaja za celu teritoriju AP Vojvodine dat je na slikama 1-3, respektivno.

Tabela 1. Prosečne višegodišnje vrednosti elemenata vodnog bilansa

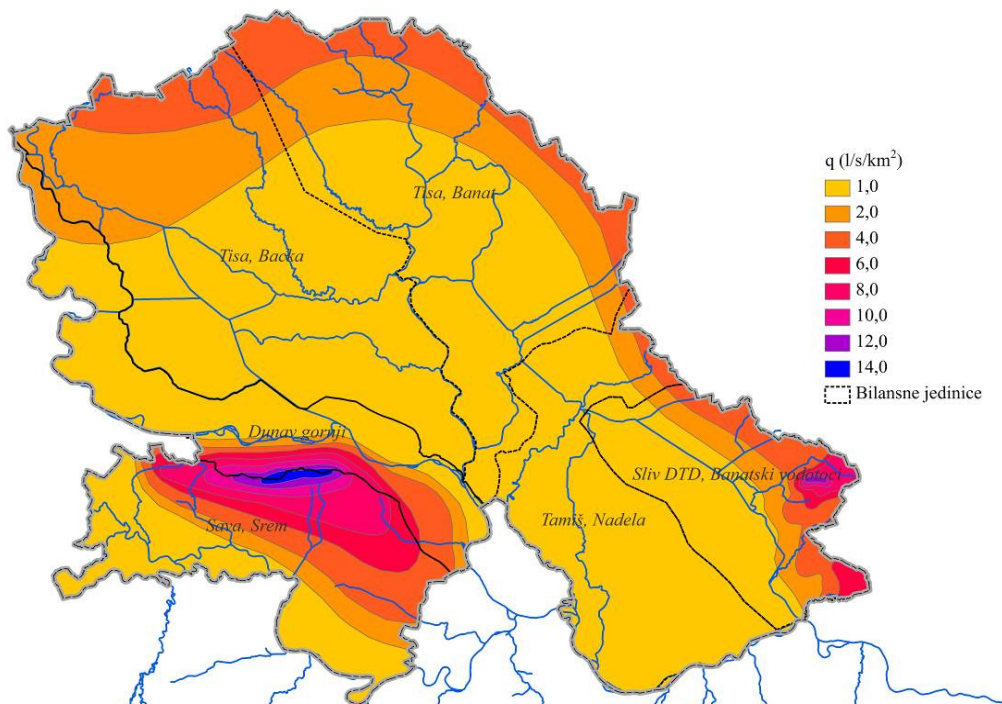
BILANSNE JEDINICE	Površina sliva F (km^2)	Padavine P (mm)	Protok Q (m^3/s)	Oticaj W ($10^6 m^3$)	Sloj oticaja h (mm)	Isparavanje E (mm)	Specifični oticaj q ($l/s/km^2$)
Dunav gornji	2478,3	634	5,58	176	71	563	2,25
Tisa, Banat	5247,3	549	9,35	295	56	493	1,78
Tisa, Bačka	5614,1	583	8,57	270	48	535	1,53
Sliv DTD, Banatski vodotoci	2245,2	652	5,16	163	72	580	2,30
Tamiš, Nadela	3045,7	632	3,40	107	35	597	1,12
Sava, Srem	2972,5	654	10,79	340	114	540	3,63
Vojvodina	21603,0	604	42,84	1351	63	541	1,98



Slika 1. Prosečna višegodišnja suma padavina na teritoriji AP Vojvodine



Slika 2. Prosečna višegodišnja suma evapotranspiracije na teritoriji AP Vojvodine



Slika 3. Prosečni višegodišnji specifični oticaj na teritoriji AP Vojvodine

Konstatuje se da su na teritoriji Vojvodine najsušniji delovi u slivovima Tamiša i Nadele, kao i u neposrednom slivu reke Tise. Najvodniji je deo sliva reke Save u Sremu. Područje koje je najsiromašnije padavinama je deo sliva reke Tise u Banatu, dok se najviše padavina izluči na teritoriji Srema i istočnom Banatu na delu sliva koji gravitira kanalu DTD.

Računske vrednosti elemenata bilansa voda za usvojene bilansne jedinice i za celokupnu teritoriju AP Vojvodine određeni su sa odgovarajućih GIS karata.

Računske vrednosti srednjih godišnjih suma padavina i protoka i minimalnih srednjemesečnih protoka, određene su za:

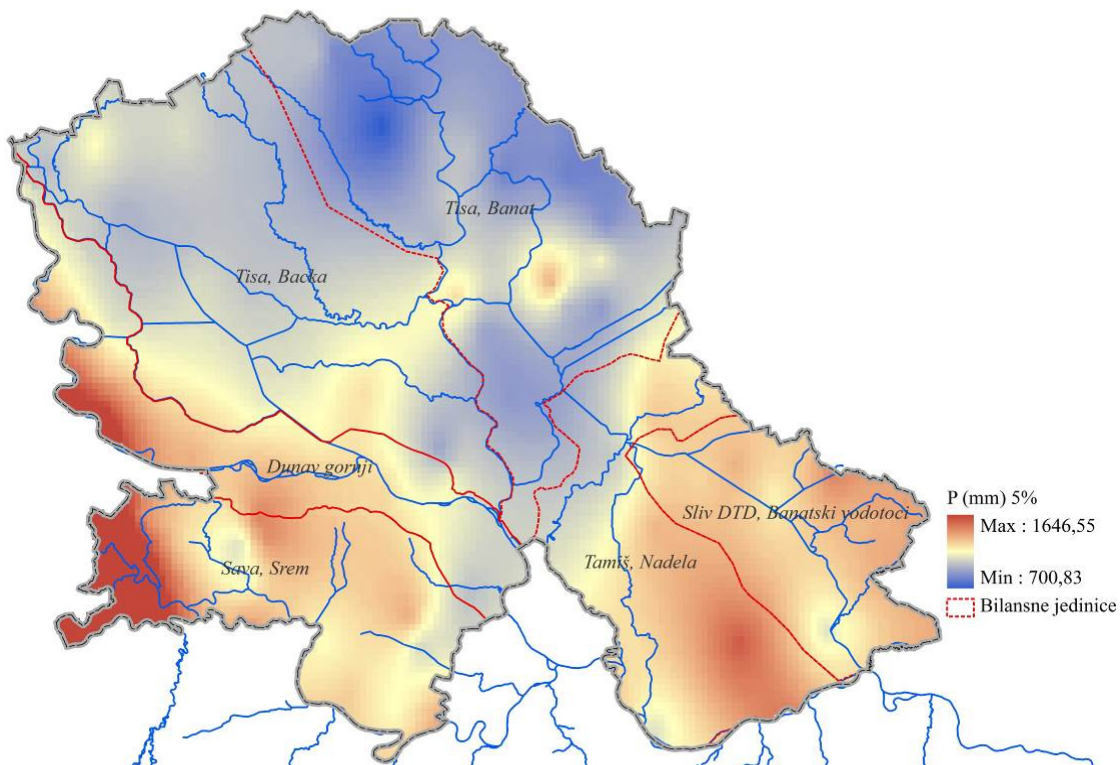
- vrlo vlažnu godinu – verovatnoća pojave p=5%,
- vlažnu godinu – verovatnoća pojave p=20%,
- srednje vlažnu godinu – verovatnoća pojave p=50%,
- sušnu godinu – verovatnoća pojave p=80%,
- vrlo sušnu godinu – verovatnoća pojave p=95%.

Numerički prikaz računskih vrednosti suma godišnjih padavina dat je tabeli 2.

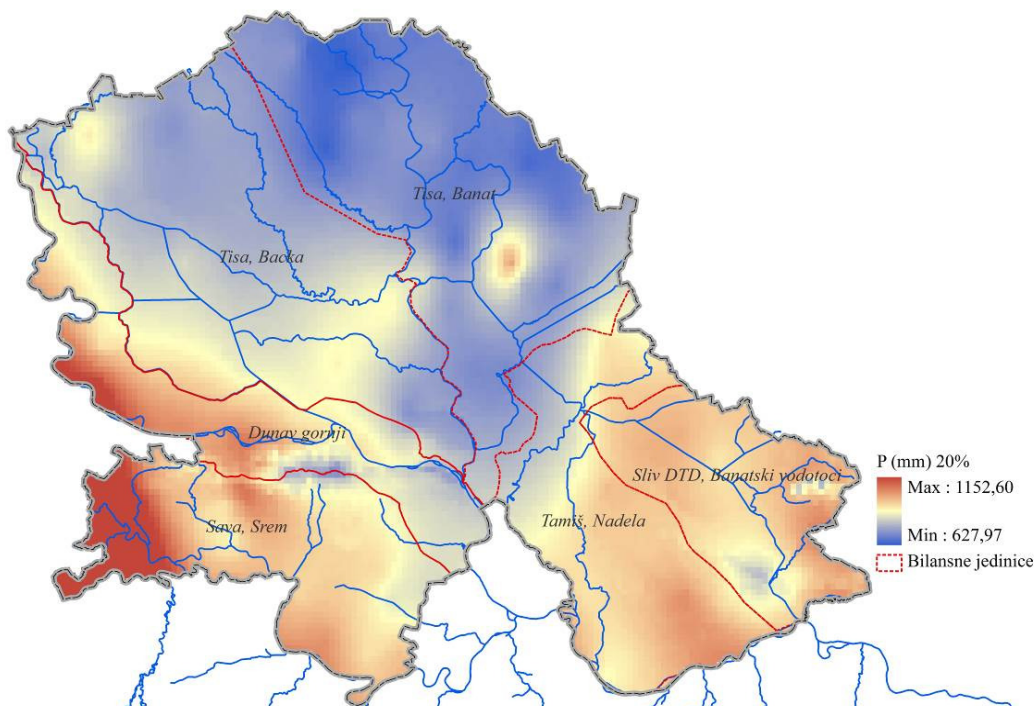
Prostorni raspored računskih vrednosti prosečnih godišnjih suma padavina za verovatnoće pojave 5, 20, 50, 80 i 90% za teritoriju AP Vojvodine prikazan je na slikama 4/1-4/5.

Tabela 2. Računske vrednosti prosečne godišnje sume padavina P(mm) za različite verovatnoće pojave p(%)

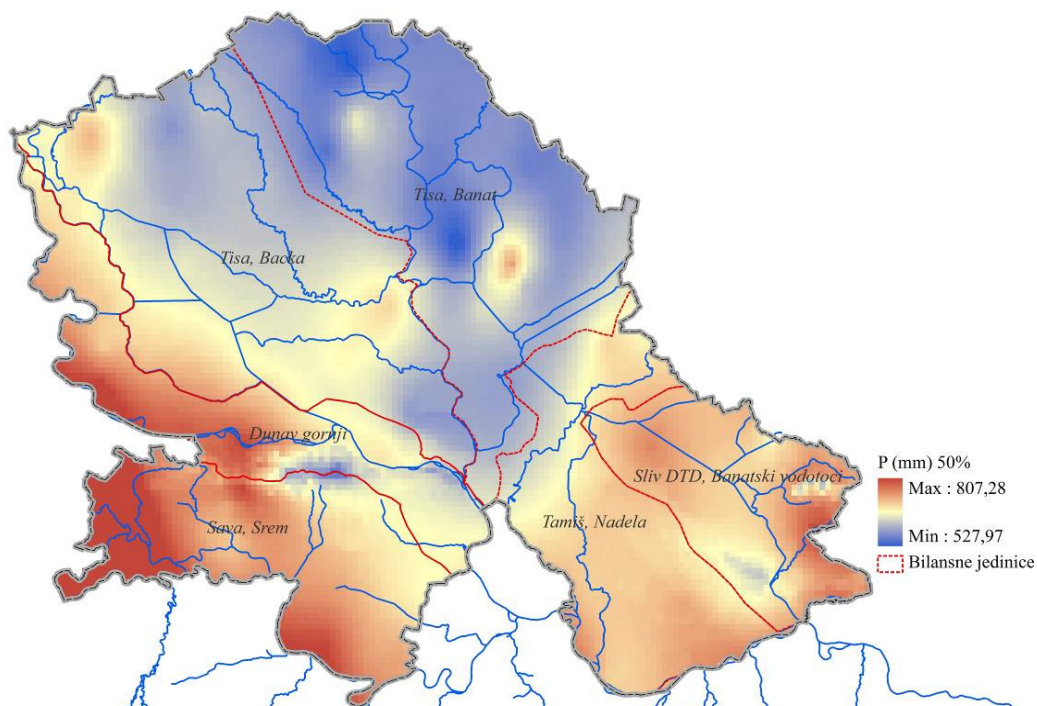
BILANSNE JEDINICE	Površina sliva F (km ²)	Verovatnoća pojave p (%)				
		5	20	50	80	95
Dunav gornji	2478,3	874,5	733,3	619,9	513,8	417,7
Tisa, Banat	5247,3	784,7	664,7	564,7	469,4	382,4
Tisa, Bačka	5614,1	818,8	693,1	589,0	491,0	403,0
Sliv DTD, Banatski vodotoci	2245,2	894,8	744,0	624,2	516,7	424,3
Tamiš, Nadela	3045,7	880,4	731,7	612,6	506,0	413,6
Sava, Srem	2972,5	929,6	770,7	645,2	532,7	434,8
AP Vojvodina	21603,0	848,7	712,2	601,4	498,9	407,8



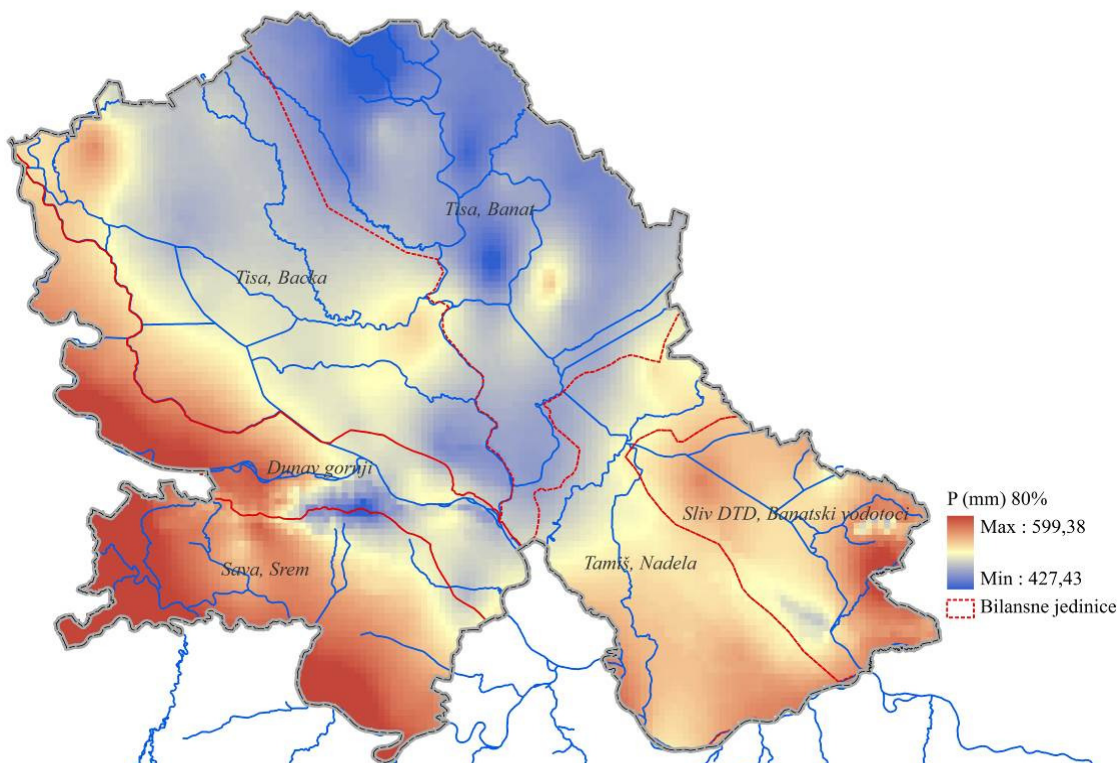
Slika 4/1. Računska prosečna godišnja suma padavina za vrlo vlažnu godinu, $p=5\%$



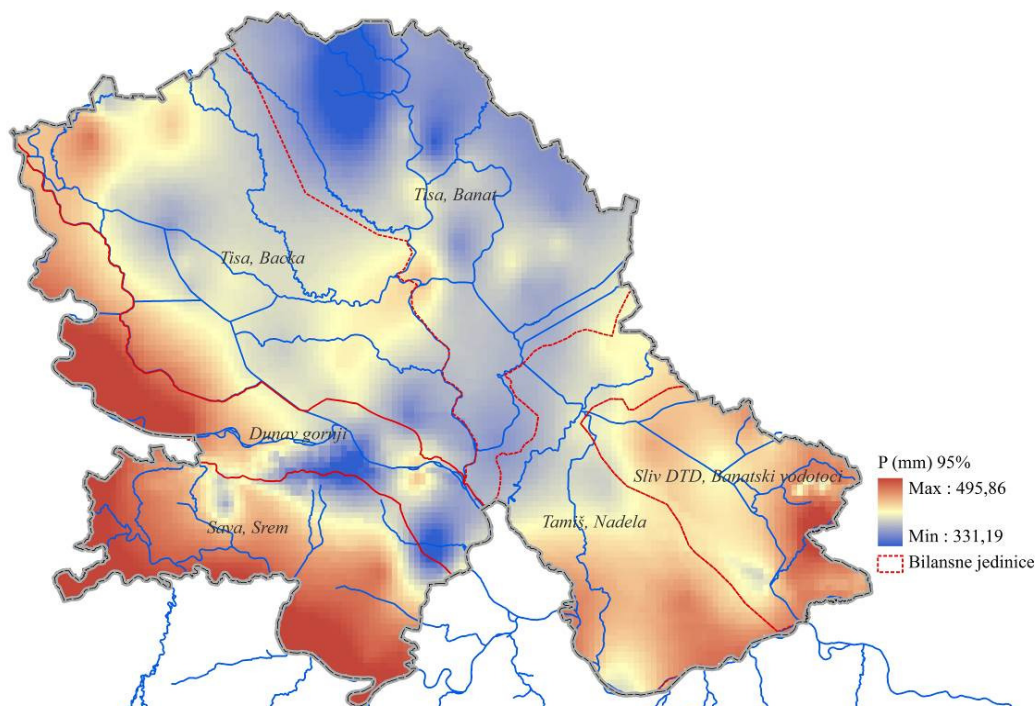
Slika 4/2. Računska prosečna godišnja suma padavina za vlažnu godinu, $p=20\%$



Slika 4/3. Računska prosečna godišnja suma padavina za srednje vlažnu godinu, p=50%



Slika 4/4. Računska prosečna godišnja suma padavina za sušnu godinu, p=80%



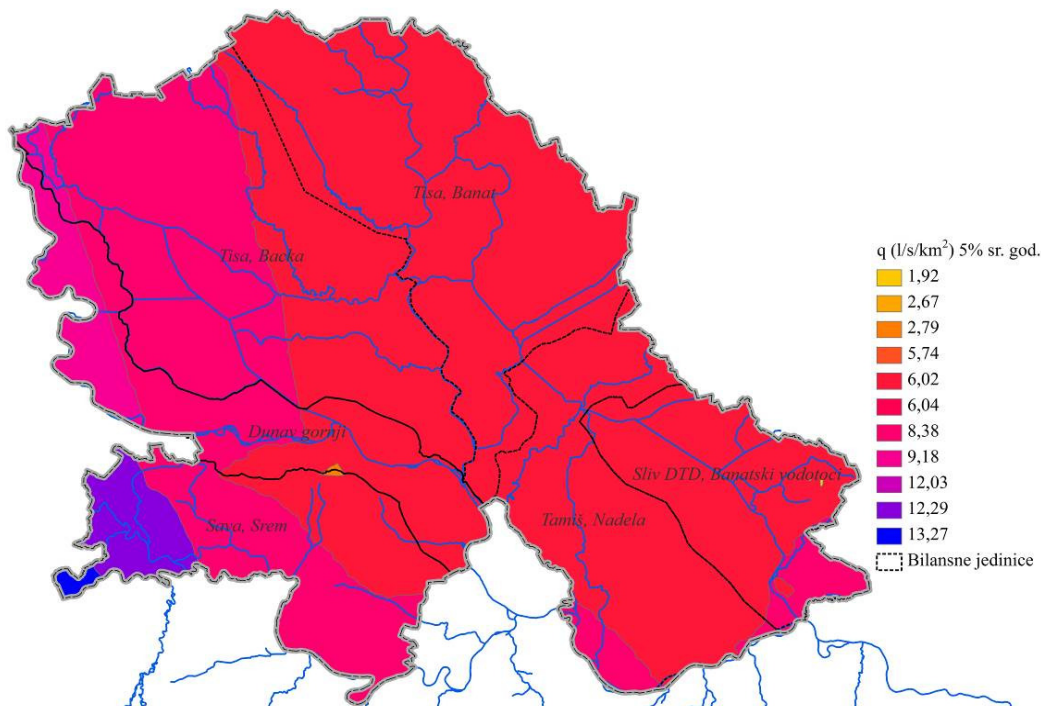
Slika 4/5. Računska prosečna godišnja suma padavina za vrlo sušnu godinu, p=95%

Numerički prikaz računskih vrednosti prosečnih protoka za karakteristične verovatnoće pojave za usvojene

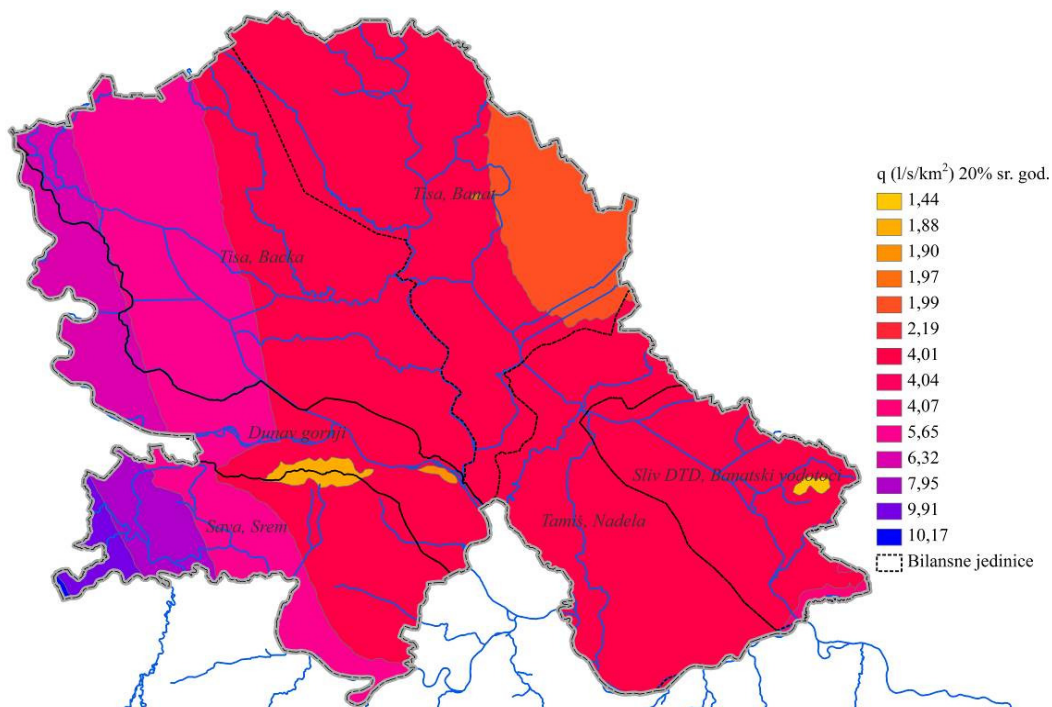
bilansne jedinice dat je tabeli 3, a grafički u vidu specifičnog oticaja na slikama 5/1-5/5.

Tabela 3. Računske vrednosti srednjih godišnjih protoka Q (m³/s) za različite verovatnoće pojave p(%)

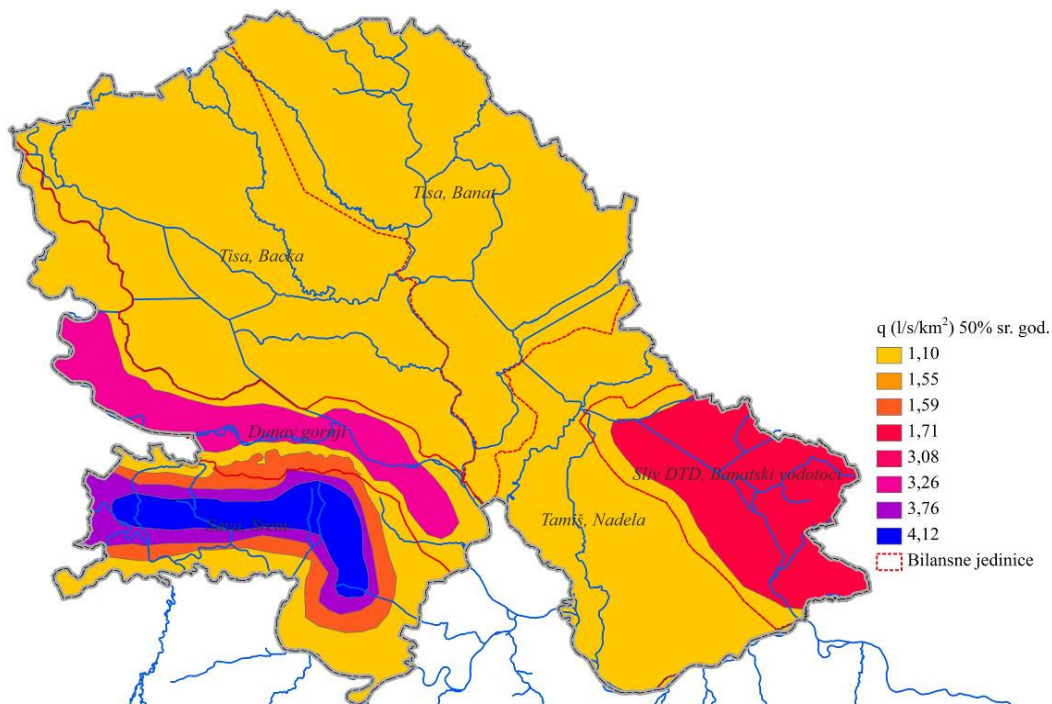
BILANSNE JEDINICE	Površina sliva F (km ²)	Verovatnoća pojave p (%)				
		5	20	50	80	95
Dunav gornji	2478,3	18,78	12,50	5,42	4,73	3,78
Tisa, Banat	5247,3	31,59	18,54	5,78	5,65	4,99
Tisa, Bačka	5614,1	41,68	27,14	6,19	4,61	3,79
Sliv DTD, Banatski vodotoci	2245,2	14,25	8,92	3,59	3,28	2,13
Tamiš, Nadela	3045,7	18,97	12,19	3,36	3,36	2,89
Sava, Srem	2972,5	28,51	16,65	7,17	6,50	4,78
AP Vojvodina	21603,0	153,78	95,94	31,51	28,13	22,35



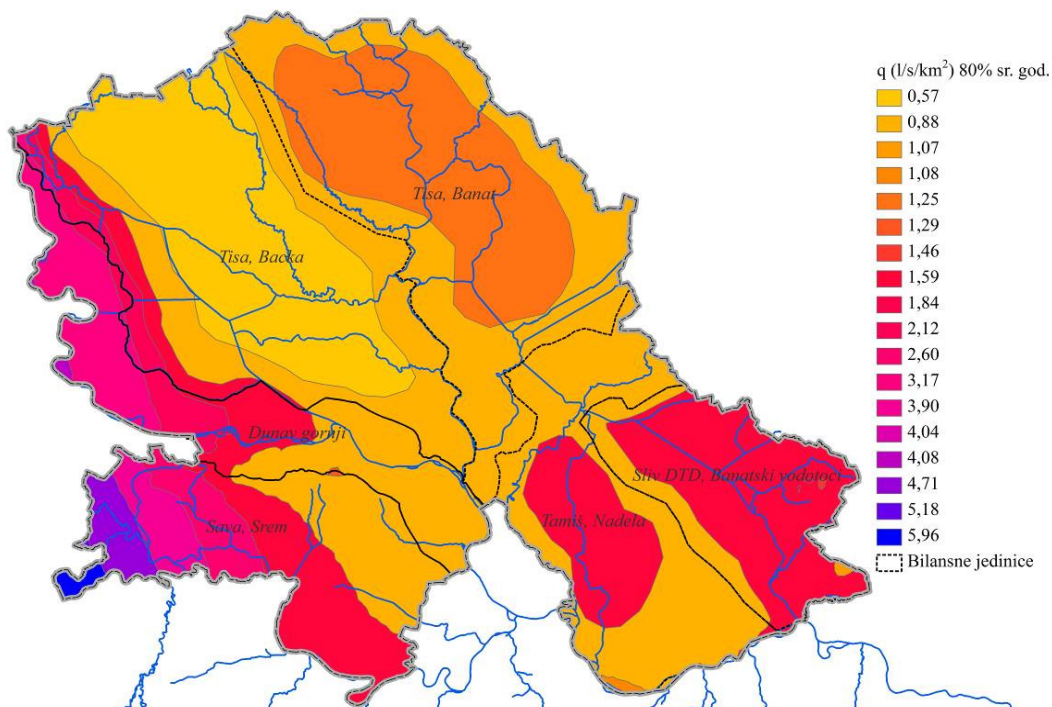
Slika 5/1. Računske vrednosti prosečnog specifičnog oticaja za vrlo vlažnu godinu, p=5%



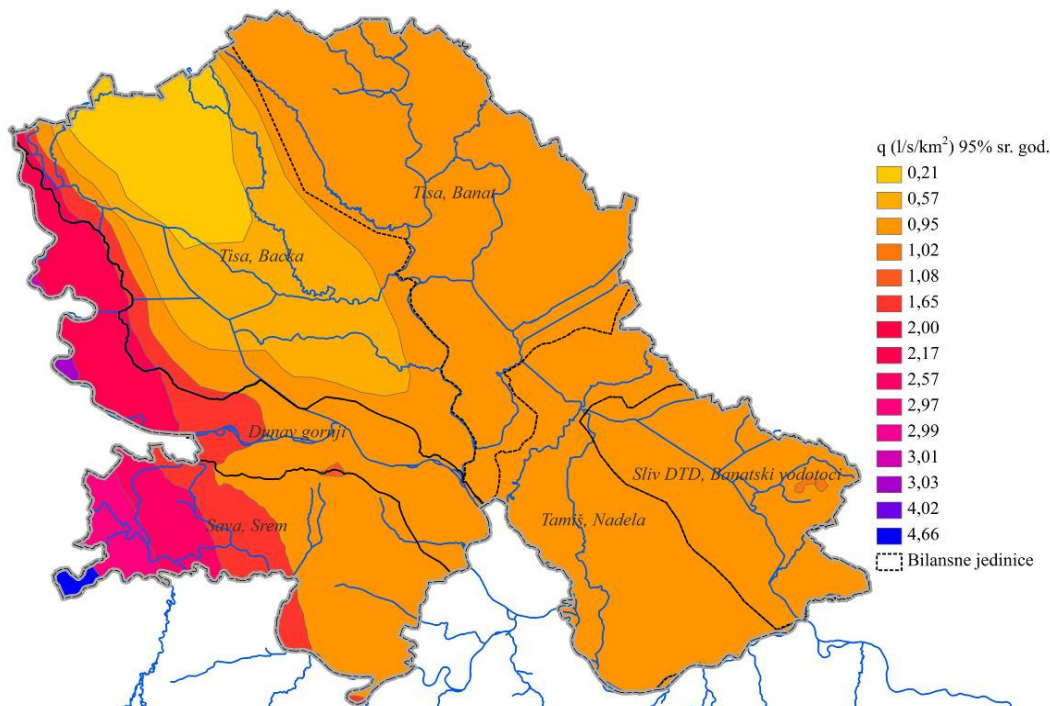
Slika 5/2. Računske vrednosti prosečnog specifičnog oticaja za vlažnu godinu, p=20%



Slika 5/3. Računske vrednosti prosečnog specifičnog oticaja za srednje vlažnu godinu, p=50%



Slika 5/4. Računske vrednosti prosečnog specifičnog oticaja za sušnu godinu, p=80%



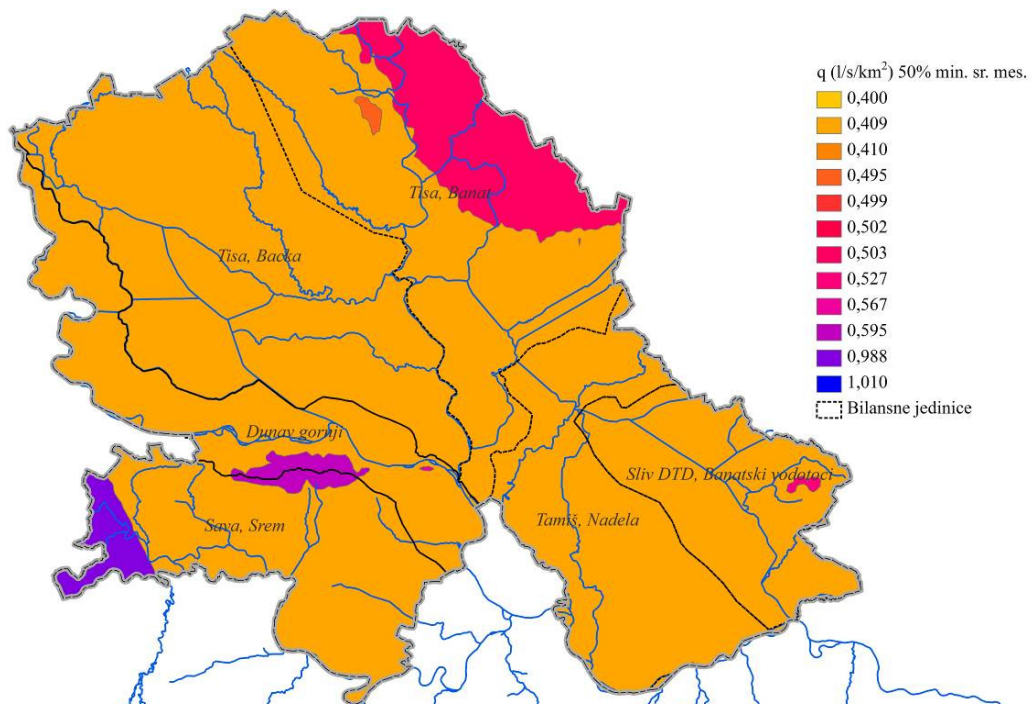
Slika 5/5. Računske vrednosti prosečnog specifičnog oticaja za vrlo sušnu godinu, p=95%

Računske vrednosti minimalnih srednjemesečnih protoka za različite obezbeđenosti (50, 80 i 95%)

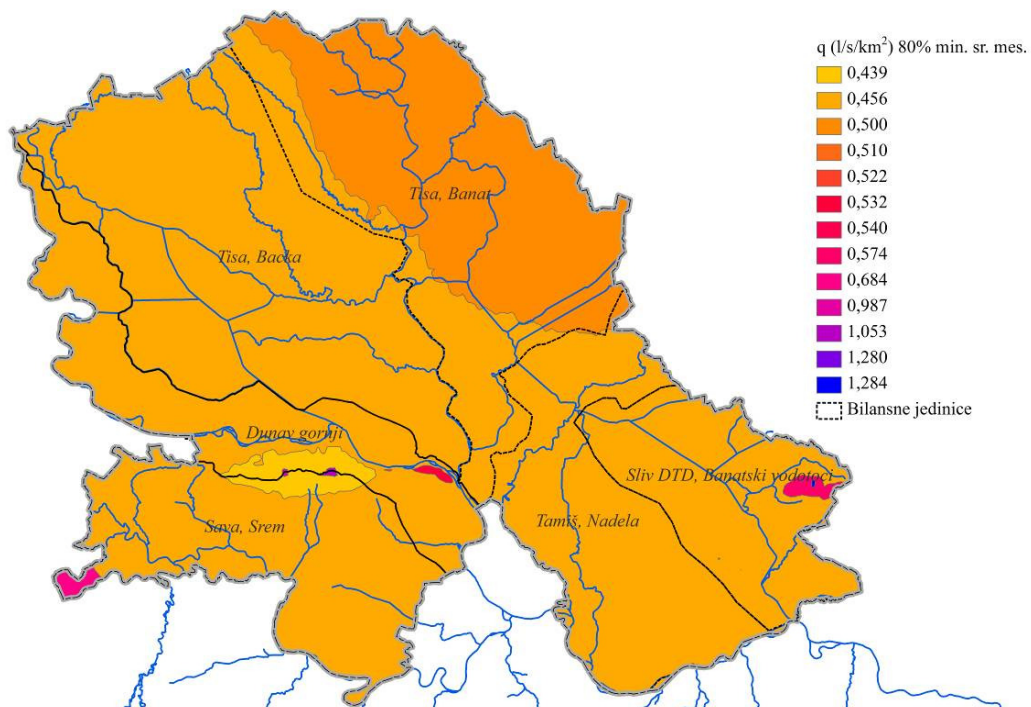
prikazani su numerički u tabeli 4 i grafički, u vidu specifičnog oticaja, na slikama 6/1-6/3.

Tabela 4. Računske vrednosti minimalnih srednjemesečnih protoka $Q_{min.sr.mes}$ (m^3/s) za različite obezbeđenosti p(%)

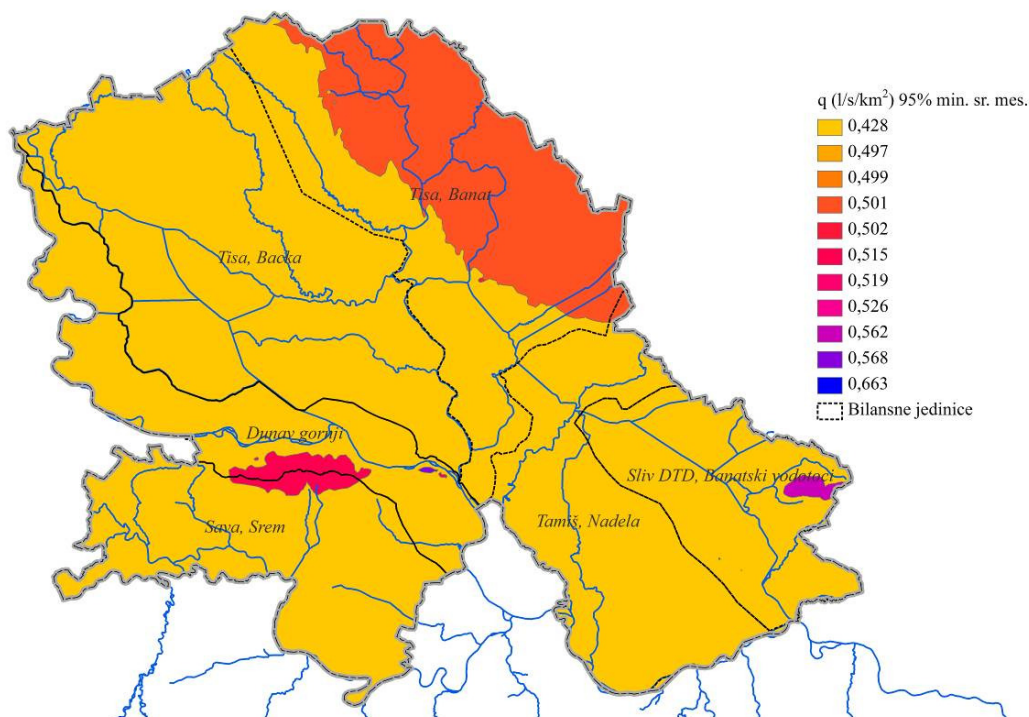
BILANSNE JEDINICE	Površina sliva F (km^2)	Obezbeđenost p (%)		
		50	80	95
Dunav gornji	2478,3	1,24	1,13	1,07
Tisa, Banat	5247,3	3,71	2,56	2,46
Tisa, Bačka	5614,1	3,95	2,56	2,40
Sliv DTD, Banatski vodotoci	2245,2	1,07	1,03	0,97
Tamiš, Nadela	3045,7	1,45	1,39	1,30
Sava, Srem	2972,5	1,42	1,37	1,28
AP Vojvodina	21603,0	12,84	10,03	9,49



Slika 6/1. Računski minimalni srednjemesečni specifični oticaj obezbeđenosti p=50%



Slika 6/2. Računski minimalni srednjemesečni specifični oticaj obezbeđenosti p=80%



Slika 6/3. Računski minimalni srednjemesečni specifični oticaj obezbeđenosti p=95%

Vidi se da je minimalni srednjemesečni protok obezbeđenosti 95%, karakteristika koja se najčešće koristi prilikom definisanja *minimalnog održivog protoka*, koji se po zakonu o vodama mora ostaviti u reci za održavanje nizvodne biocenoze i vodoprivrenih korisnika, na teritoriji AP Vojvodine iznosi 9,49 m³/s. Po podslivovima (bilansnim jedinicama) ova vrednost se menja u zavisnosti od vodnosti područja.

U tabeli 5 je dat kumulativni pregled raspoloživih voda na teritoriji AP Vojvodine. Iz tog pregleda se vidi da

prosečni protok voda koje protiču kroz teritoriju AP Vojvodine, ili se formiraju na njenoj teritoriji, iznosi 5.623,18 m³/s. Od te količine vode tranzitne vode iznose 5.580,34 m³/s, a sopstvene (domicilne) 42,84 m³/s. To praktično znači da se na teritoriji Vojvodine formira samo 0,76% raspoloživih voda, dok tranzitne vode čine 99,24%. Ovaj odnos je vrlo nepovoljan sa aspekta korišćenja voda i očuvanja kvaliteta voda, ali to nije predmet istraživanja ovoga rada.

Tabela 5: Prosečni protok i raspoloživa godišnja zapremina voda na teritoriji AP Vojvodine

	Protok Q (m ³ /s)	Zapremina W (10 ⁶ m ³)	%
Sopstvene	42,84	1.351	0,76
Tranzitne	5580,34	175981,6	99,24
Ukupne	5623,18	177332,6	100,00

ZAKLJUČAK

Raspoloživi vodni resursi AP Vojvodine ocenjeni su na osnovu rezultata dobijenih najnovijim hidrološkim obradama i analizama, urađenim za celu teritoriju Republike Srbije. Raspoloživi vodni potencijal na teritoriji AP Vojvodine je prikazan numerički i grafički za celu teritoriju, a po bilansnim jedinicama samo numerički. Vidi se da je proces formiranja rečnog oticaja prostorno heterogen i da se prosečna višegodišnja specifična izdašnost sliva kreće u granicama od 1,12 l/s/km² do 3,63 l/s/km², dok za celu teritoriju Vojvodine iznosi 1,98 l/s/km². Prosečne višegodišnje padavine su znatno ravnomernije prostorno raspoređane i one se kreću u granicama od 549 mm/god na slivu Tise u Banatu do 654 mm/god na slivu Save u Sremu, dok prosečno na teritoriji Vojvodine iznose 604 mm/god. Od ukupnih količina voda koje protiču kroz teritoriju AP Vojvodine samo 0,76% čine domicilne (sopstvene) vode, dok su ostalo tranzitne vode. Činjenica da 99,24 % raspoložive količine voda čine tranzitne vode veoma je nepovoljna sa aspekta korišćenja i očuvanja kvaliteta voda, kao i zaštite životne sredine.

LITERATURA

- [1] Vodoprivredna osnova Republike Srbije, Hidrometeorološke podloge., Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" i Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, Beograd, 2009.
- [2] Petrovich P., Badyurova K., GIS technology use in the basin-wide water balance estimation of the Danube river basin: In Proceeding of the 22 nd Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrometeorological bases of Water Management, Brno, Czech Republic, 2004.
- [3] Petrovich P., Mracova K., Holko L., Kostka Z., Miklanek P., Basin-Wide Water Balance in the Danube River Basin. Hydrological Processes of Danube River Basin, Prospektives from the Danubian Countries, Springer, 2010.
- [4] Prohaska S., Hidrologija I Deo, Hidrometeorologija, hidrometrija i vodni bilans, Rudarsko-geološki fakultet, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Republički hidrometeorološki zavod, Beograd, 2003.
- [5] Prohaska S., Water Resources in Danube River Basin, In: "Resources of Danubian Region: The Possibility of Cooperation and Utilization" (Editors: Popović L., Vidaković M., Kostić Đ.). Publish: Humboldt-Club Serbian, ISBN 978-86-916771-1-4, 2013.
- [6] Prohaska S., Sretenović M., Uloga vodnih resursa Srbije u vodnom bilansu sliva reke Dunav, Međunarodna naučna tematska konferencija "Srbija u Dunavskom regionu u 21. veku", Kladovo, 2013.

AVAILABLE WATER RESOURCES OF AP VOJVODINA

by

Vladislava BARTOŠ DIVAC, Vanja VUKELIĆ, Prof. dr Stevan PROHASKA, dr Brankica MAJKIĆ-DURSUN
Institute for the development of water resources „Jaroslav Černi“, Belgrade

Summary

The aim of this work is to present the available water resources in the territory of AP Vojvodina, ie. the basic elements of the water balance equation, at the level of average multi-annual values. The values of water balance parameters are shown numerically, by the balance units and for the whole territory of AP Vojvodina and graphically in the form of GIS maps

for the territory of AP Vojvodina. In the work are presented average multi-annual values of rainfall, of real evapotranspiration and discharge and theoretical values for different probability of occurrence of annual precipitation sum, mean annual discharge and minimum mean monthly discharge.

Redigovano 24.11.2014.