

Оригинални научни рад

911.2:556.535(497.11)

АНАЛИЗА РЕЧНОГ РЕЖИМА И ВОДНОГ БИЛАНСА У СЛИВУ ЋЕТИЊЕ

Драгана Милијашевић¹, Ана Милановић**

*Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Београд

Апстракт: Речни режим и водни биланс Ћетиње у овом раду анализирани су на основу тридесетогодишњег низа података о водостају и протицају 1978 – 2008. год. Анализа водостаја у назначеном периоду је показала да је средњи годишњи водостај Ћетиње износио 53 cm, да су најнижи средњи месечни водостаји у августу, а максимални средњи месечни водостаји у марту и априлу. Просечни средњегодишњи протицај Ћетиње код Шенгоља за период осматрања 1978-2008. год. износи $5,60 \text{ m}^3/\text{s}$. Годишњи ход просечних протицаја сличан је годишњем ходу средњемесечних малих и великих вода. Закључено је да река Ћетиња припада умерено – континенталној варијанти плувио – нивалног режима. Резултати истраживања су показали да се у сливу Ћетиње образује око $5,60 \text{ m}^3/\text{s}$ воде са изашношћу од $10,95 \text{ l/s/km}^2$. Иако падавине нису тако мале и крећу се око 875 mm годишње, мањи је износ који дотиче у реку, због великог испаравања од преко 60%. С обзиром да се ВС Шенгољ налази на 8,2 km од ушћа, да је станица Стапари престала са радом 2002. год., мишљење је да би значајно било поставити водомерну станицу и у средњем делу тока реке, као и на већим притокама.

Кључне речи: Ћетиња, речни режим, водни биланс, водостај, протицај

Увод

Проучавањем режима и водног биланса река у Србији бавили су се С. Илешкић 1947., Д. Дукић 1955., 1970, 1994., 2002., Љ. Гавриловић, 1994., 2002., Н. Живковић 1994., 2006. Само рад С. Илешича (1947) даје општу представу о типовима и варијантама речних режима у Србији. Д. Дукић (1959) је први пут у нашој научној литератури изложио водни биланс главних предеоних области – панонске и брдско – планинске.

Слив Ћетиње налази се у западном делу Србије, између $44^{\circ}08'$ и $43^{\circ}42'$ N и $19^{\circ}27'$ и $20^{\circ}06'$ E. Површина слива је $1187,03 \text{ km}^2$. Главне притоке долазе са леве стране и тако је образован асиметричан слив – лева страна захвата 71,4% његове целокупне површине. Дужина слива Ћетиње је 49,6 km, а средња ширина 23,9 km (Милијашевић, 2010 а). Река Ћетиња настаје у

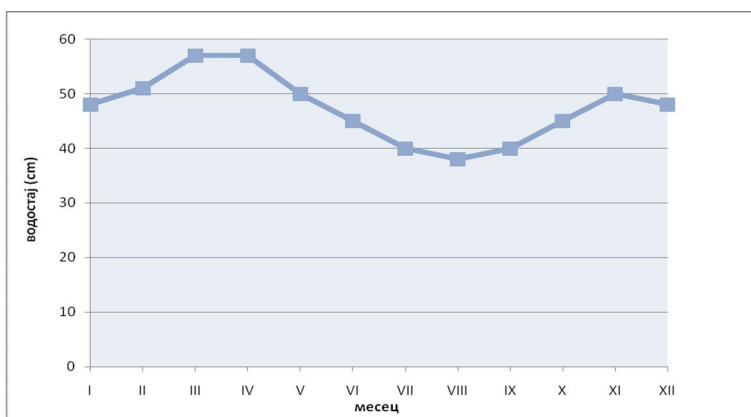
¹ d.milijasevic@gi.sanu.ac.rs

северном делу Креманске котлине спајањем Братишине реке, Коњске реке, Ужичког и Томића потока на 712 m надморске висине. Ове саставнице извиру на источним и југоисточним падинама планине Таре. У најнижем делу Пожешке котлине прима притоку Скрапеж, а нешто низводније са Голијском Моравицом гради Западну Мораву, значајну водену артерију Србије. Дужина реке износи 75,25 km (Милијашевић, 2010 б).

Хидролошка осматрања на реци Ћетињи започела су 1922. године оснивањем водомерне станице (ВС) Горобиље. Станица је радила до 1976. године када је измештена узводније и мерење се врши код Шенгоља. Станица је на левој обали реке Ћетиње и удаљена је 8,2 km од ушћа. Станица (ВС) Стапари основана је 1958. године, а Републички хидрометеоролошки завод Србије на њој врши мерења од 1961. године. Лоцирана је на левој обали реке Ћетиње, 36,6 km узводно од ушћа. Станица је престала са радом 2002. године, па се сада водостај, протикај и квалитет воде прате само на станици Шенгољ.

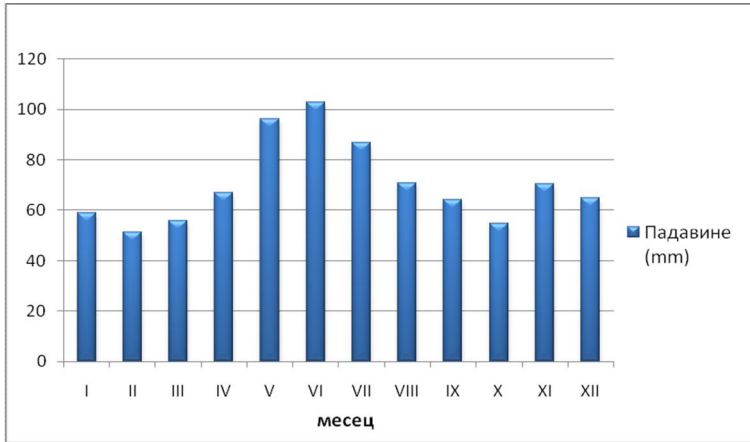
Водостај и водостање

У периоду од 1978 - 2008. године средњи годишњи водостај Ћетиње је износио 53 cm, најнижи средњи месечни водостаји су у августу (38 cm), а максимални средњи месечни водостаји у марту и априлу (57 cm) (скица 1).



Скица 1. Нивограм средњих месечних водостаја Ћетиње код Шенгоља (1978-2008.)

Поређењем средњих месечних падавина (скица 2) на подручју слива и средњих месечних водостаја (скица 1) запажа се да се максимум падавина (у мају и јуну) не поклапа са средњим месечним вредностима водостаја.



Слика 2. Средње месечне падавине за слив Ћетиње

Посматрајући по годишњим добима, највиши водостај се региструје у пролеће, због пораста температуре ваздуха и делимичног отапања снега. Водостај од априла опада све до септембра, и поред тога што је максимум падавина у јуну. Најнижи водостај је крајем лета и почетку јесени (слика 1). У току лета настају краткотрајни високи водостаји због падавина, које се најчешће јављају у облику пљускова у поподневним часовима.

Табела 1. Средњи ниски и високи месечни водостаји Ћетиње код Шенгоља у cm (1978-2008.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г
SNV	39	40	44	43	40	36	34	33	33	34	38	38	37
SVV	73	82	84	90	78	69	60	51	59	62	82	71	71

Годишња вредност средњег ниског водостаја Ћетиње у периоду од 1978 – 2008. године износила је 37 cm, а средњег високог 71 cm, па је просечна амплитуда 34 cm. На основу података из табеле 1 уочава се да се најмања вредност средњег ниског водостаја у току године бележи крајем лета и почетком јесени (у августу и септембру) и износи 33 cm, а највеће вредности средњег високог водостаја су у априлу (90 cm) и марту (84 cm). На овакав годишњи распоред водостаја утицале су, пре свега количине падавина, температура ваздуха и отапање снега.

Значајан хидролошки показатељ за детаљније анализирање режима водних токова и прогнозе појава великих и малих вода представљају екстремни водостаји (Милановић, 2007).

Табела 2. Минимални и максимални годишњи водостаји Ђетиње код Шенгоља у cm (1978-2008.)

Година	минимални	датум	максимални	датум
1978.	24	25.XI	169	30.I
1979.	22	20.IV	172	27.IV
1980.	22	3.IX	145	23.III
1981.	23	7.VIII	185	11.VI
1982.	23	19.IX	88	20.III
1983.	21	5.VI	121	12.II
1984.	22	10.VIII	144	11.V
1985.	21	19.VIII	156	18.IV
1986.	23	26.XII	193	19.II
1987.	23	10.I	250	26.XI
1988.	32	31.VII	98	17.III
1989.	32	2.II	153	28.VII
1990.	33	8.VII	96	11.XII
1991.	34	1.II	113	12.II
1992.	31	26.IX	131	26.VI
1993.	28	2.VIII	79	6.IV
1994.	30	17.IX	105	14.IV
1995.	34	6.X	126	4.IV
1996.	31	30.VII	144	18.IV
1997.	33	29.IX	82	22.I
1998.	32	10.VIII	108	7.XI
1999.	31	15.X	134	28.XII
2000.	29	18.X	106	3.II
2001.	33	21.I	117	24.IV
2002.	38	30.VI	145	18.IV
2003.	33	9.XII	90	15.III
2004.	38	23.VII	102	2.III
2005.	38	11.II	139	20.III
2006.	32	11.XII	151	24.III
2007.	39	5.VIII	127	26.XI
2008.	38	21.XI	98	5.XII

Апсолутно максимални водостај Ђетиње код Шенгоља за период 1978-2008. год. забележен је 26. XI 1987. год. и износио је 250 cm, а апсолутно

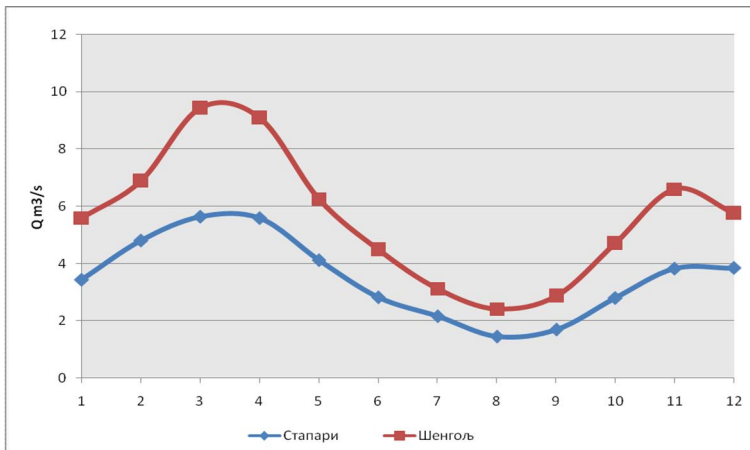
минимални водостај био је 5. VI 1983. год. и 19. VIII 1985. год. од 21 cm (табела 2). Амплитуда екстремних водостаја у поменутом периоду износила је 229 cm. Највећа амплитуда водостаја у току једне године забележена је 1987. од 227 cm.

Протицај

Протицај је најважнији елемент водног режима. Он је у најужој вези са водостајем. У раду ће поред просечних вредности бити анализирани и екстремне вредности, односно мале и велике воде.

Просечни протицаји су статистички добијене вредности, које се најчешће користе у пракси приликом анализа и израда студија за потребе привреде (Милановић, 2007). Просечни средњегодишњи протицај Ћетиње код Стапара за период осматрања 1961 – 2002. год. износи $3,52 \text{ m}^3/\text{s}$, а Ћетиње код Шенгоља за период осматрања 1979-2008. год. износи $5,60 \text{ m}^3/\text{s}$.

Максимални средње месечни протицаји бележе се у марту и априлу, а минимални у августу и септембру. Велике пролећне воде са максимумом у марту и априлу условљене су отапањем снега у вишим деловима слива Ћетиње и повећањем падавина. Након тога, бележи се опадање просечних протицаја и мале воде се јављају крајем лета и почетком јесени са минимумом у августу и септембру, услед мање количине падавина и великог испаравања. Након тога просечни протицај се константно повећава до априла. Годишњи ход просечних протицаја, приказан на скици 3 сличан је годишњем ходу средњемесечних малих и великих вода.



Скица 3. Хидрограм средњих месечних протицаја Ћетиње

Према класификацији речних режима коју је дао С. Илешич може се закључити да река Ћетиња припада умерено – континенталној варијанти плувио – нивалног режима са највишим водостајима у марту и априлу, а најнижим у септембру и августу (Дукић, Гавриловић, 2006).

Минимални протицај воде анализиран је према подацима ВС Шенгољ у периоду од 1979 – 2008. године. Средњегодишње мале воде су износиле $2,50 \text{ m}^3/\text{s}$. Режим малих вода Ћетиње карактеришу највеће средњемесечне вредности у марту, $3,94 \text{ m}^3/\text{s}$ и најмање у августу, $1,52 \text{ m}^3/\text{s}$ (табела 3). Однос између највећих и најмањих средњемесечних малих вода представљен је као 1:1,9, па се стиче утисак да је Ћетиња на профилу код Шенгоља равничарски ток.

Табела 3. Средњемесечне минимални и максимални протицаји воде (m^3/s) Ћетиње код Шенгоља (1978 – 2008.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г
Qmin	2,72	3,00	3,94	3,75	2,83	2,16	1,62	1,52	1,53	1,77	2,80	2,63	2,50
Qmax	16,3	23,2	25,0	28,8	20,7	16,9	10,9	6,41	9,90	11,4	25,9	16,3	17,9

Просечне вредности дају у већој или мањој мери искривљену слику о режиму протицаја, па је зато за детаљнију анализу значајно проучити и екстремне вредности (Милановић, 2007). Апсолутно минимални протицај Ћетиње код Шенгоља забележен је 19.IX 1982. год. од $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$, а апсолутно највећа вредност малих вода од $1,68 \text{ m}^3/\text{s}$ регистрована је 25. XI 1978. год. Апсолутна амплитуда малих вода је $1,38 \text{ m}^3/\text{s}$.

Просечне средњегодишње велике воде за период осматрања 1978 - 2008. год. на Ћетињи код Шенгоља износе $17,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (табела 3). Амплитуда између просечних малих и великих вода износи $15,4 \text{ m}^3/\text{s}$, односно њихов однос је 1:7,16. Овакав однос указује на прилично неуједначен режим протицаја Ћетиње.

Режим великих вода се мало разликује од режима малих вода. Највеће средњемесечне вредности се јављају у априлу ($28,8 \text{ m}^3/\text{s}$), а најниже у августу ($6,41 \text{ m}^3/\text{s}$). Однос најмање и највеће велике воде је 1:4,49, што указује да је у просеку варирање великих вода веће од варирања малих вода. Апсолутно максимални протицај Ћетиње код Шенгоља за период 1978- 2008. год. забележен је 26. XI 1987. године и износио је $187 \text{ m}^3/\text{s}$, а највећа амплитуда великих вода износи $169, 2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Специфични отицај и режим отицања падавина

Специфични отицај је елемент водног режима веома погодан за хидролошка проучавања река и одређивање богатства слива водом (Дукић, Гавриловић, 2002). Јављају се бројни проблеми у вези са количином, расподелом у простору и времену и квалитетом воде у сливном подручју.

Средње годишњи специфични отицај Ђетиње за период 1978-2008 је био 10,95 l/s/km². Вредности специфичног отицаја у току године крећу од 4,73 – 18,43 l/s/km². Знатно повећање специфичног отицаја бележи се почетком марта, а максимум се јавља у априлу као резултат пораста висине падавина, док су истовремено температуре ваздуха још увек ниске па је испаравање мало. Константно опадање специфичног отицаја бележи се од маја до септембра услед повишене температуре ваздуха, које условљавају велико испаравање. Од септембра се поново уочава тренд пораста специфичног отицаја (Милијашевић, 2010).

Осим средњемесечних и средњегодишњих вредности значајно је анализирати и средње минималне и максималне вредности специфичног отицаја (Табела 4).

Табела 4. Средње максималне и минималне вредности специфичног отицаја (l/s/km²) Ђетиње (1978 – 2008.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г
q _{min}	5,32	5,87	7,71	7,33	5,57	4,22	3,17	2,97	2,99	3,46	5,47	5,14	4,89
q _{max}	31,9	45,4	48,9	56,3	40,6	33,2	21,2	12,5	19,4	22,2	50,6	31,8	35,1

И у случају средњих минималних и максималних специфичних отицаја уочава се исти годишњи ход као и код просечних вредности, са максимумом у априлу и минимумом у августу. Однос између средње годишње вредности минималних и максималних специфичних отицаја је 1: 7,18, што указује на знатне осцилације.

На основу података о специфичном отицају може се израчунати висина отицаја у сливу и коефицијент отицаја. Средња годишња висина падавина у сливу Ђетиње, израчуната методом аритметичке средине износи 875 mm, са максимумом у јуну и минимумом у марту. Од укупне количине највише се падавина излучи током лета 254 mm, незнатно мање у јесен 223,3 mm, потом у пролеће 212,4 mm, а најмање зими 181,1 mm.

Табела 5. Средње месечне и годишње висине падавина (mm) за период 1961-1990.г.

Бр.	Надморска висина	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г
1	840	68	62	66	77	100	104	96	78	81	68	87	74	961
2	455	52	49	50	56	96	97	85	66	59	49	65	60	780
3	530	56	52	55	62	92	99	90	69	58	48	64	61	806
4	810	64	59	59	75	105	112	93	83	70	61	73	71	926
5	920	75	59	61	94	118	122	96	77	77	73	78	84	1014
6	310	52	44	48	58	86	84	81	60	59	50	62	56	739
7	475	54	46	54	60	103	110	86	74	58	49	64	61	821
8	460	54	46	53	62	94	103	84	65	61	49	67	60	798
9	390	54	46	47	62	86	92	79	72	63	52	70	58	781
10	900	69	64	78	83	114	123	92	71	71	56	78	81	978
11	440	56	48	50	56	75	89	78	63	54	52	67	56	743
12	430	54	44	50	59	88	97	85	70	60	52	67	57	781

Извор: Дуцић В., Радовановић М. (2005)

1 - Чајетина, 2 – Бјелоперице, 3 - Горња Добриња, 4 – Гостиница, 5 – Кремна, 6 – Пожега, 7 – Ражана, 8 - Сеча Река, 9 – Севојно, 10 – Таор, 11 – Ужице, 12 - Косјерић

Од укупне количине падавина излучених на површину слива отекне слој воде висине 336,4 mm, односно 39,2 %. Коefицијент отицаја падавина има највећу вредност у марту (0,89), а најмању у јулу, августу и септембру (0,18) (Табела 6). Величина отицања падавина условљена је климатским условима (падавинама, температуром ваздуха, испаравањем), брдско – планинским теренима у сливу и антропогеним утицајем.

Табела 6. Средње месечне и годишње падавине (у mm), висине отицаја (у mm) и коefицијенти отицаја за Ђетињу (1978 – 2005.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г
X	60.0	53.5	52.9	71.9	87.5	96.7	88.2	69.0	79.0	65.6	78.7	67.6	875
Y	28.4	33.4	47.1	45.6	32.5	22.8	16.7	12.7	14.5	24.1	32.2	29.1	336
C	0.47	0.62	0.89	0.63	0.37	0.23	0.18	0.18	0.18	0.36	0.40	0.43	0.39

Водни биланс

Водни биланс представља расположиву количину атмосферске, површинске и подземне воде на одређеној површини, било да је у питању неки речни или морски слив, нека област или државна територија. Његово познавање има велики значај за водопривреду и планирање искоришћавања водних ресурса (Дукић, Гавриловић, 1994).

Водни биланс Ћетиње представљен је односом између падавина на једној и отицања и испаравања на другој страни. Водни биланс Ћетиње приказан је на основу података за профил Шенгољ, изузимајући из прорачуна сливну површину реке Скрапеж. Падавине и отицање одређени су на основу мерених података у сливу, а испаравање разликом падавина и отицања.

Посматрајући слив Ћетиње до профила Шенгољ, са површином сливног подручја од 511 km^2 , уочава се да се просечно на њен слив излучи 875 mm падавина, од чега 336 mm или 38% отиче, а 539 mm или 62% испари. Током пролећног периода отиче највећа количина падавина, јер су температуре ваздуха још увек ниске, па је испаравање мало. Насупрот томе, јул, август и септембар представљају месеце са најмањим отицањем падавина у току године.

Резултати истраживања су показали да се у сливу Ћетиње образује око $5,51 \text{ m}^3/\text{s}$ воде са издашношћу од $10,66 \text{ l/s/km}^2$. Иако падавине нису тако мале и крећу се око 875 mm годишње, мањи је износ који дотиче у реку, због великог испаравања од преко 62% (Милијашевић, 2010).

Закључак

Анализе водостаја за реку Ћетињу у периоду 1978 – 2008. год. показале су да се максималне вредности региструју у марту и априлу, као резултат топљења снега и честих киша, а минималне у августу услед високе евапотранспирације и мањих падавина. Просечна амплитуда водостаја код Шенгоља у периоду 1978 – 2008. год. је 34 cm . Према класификацији речних режима коју је дао (Илешич, 1947) може се закључити да река Ћетиња припада умерено – континенталној варијанти плувио – нивалног режима.

Просечни средњегодишњи протицај Ћетиње код Стапара за период осматрања 1961 – 2002. год. износи $3,52 \text{ m}^3/\text{s}$, а Ћетиње код Шенгоља за период осматрања 1979-2008. год. износи $5,60 \text{ m}^3/\text{s}$. Максимални средње

месечни протицаји бележе се у марту и априлу, а минимални у августу и септембру. Велике пролећне воде са максимумом у марту и априлу условљене су отапањем снега у вишим деловима слива Ћетиње и повећањем падавина. Амплитуда између просечних малих и великих вода износи $15,5 \text{ m}^3/\text{s}$, односно њихов однос је 1:7,18. Овакав однос указује на прилично неуједначен режим протицаја Ћетиње.

Вредности специфичног отицаја за Ћетињу су мале и узроковане су климатским условима и антропогеним утицајем. Током пролећног периода отиче највећа количина падавина, јер су температуре ваздуха још увек ниске, па је испаравање мало. Насупрот томе, јул, август и септембар представљају месеце са најмањим отицањем падавина у току године.

У раду су одређене компоненте водног биланса слива Ћетиње до профила Шенгољ. Средња годишња висина падавина за цео слив Ћетиње износи око 875 mm, од чега 38,5% отиче, а 61,5% испари. Однос компонената водног биланса у сливу није најповољнији и потребно је предузети одговарајуће мере на његовом побољшању (пошумљавање, хидротехничке мере и др.).

Захвалност

Рад је резултат пројекта који финансира Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије.

Рад примљен 23 априла 2010; одобрен 19 новембра 2010.

Литература

Дукић, В. & Радовановић, М. (2005). *Клима Србије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

Дукић, Д. (1970). Метод графичке анализе речних режима. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“ САНУ*, 17, 24-35.

Дукић, Д. (1954). Прилог регионалном познавању речних режима у Југославији. *Гласник Српског географског друштва*, 34, 119- 138.

Дукић, Д. (1959). Водни биланс ФНРЈ Југославије. *Гласник Српског географског друштва*, 39, 15 – 36.

Дукић, Д. & Гавриловић, Ј. (1994). Водни биланс СР Југославије. *Гласник Српског географског друштва*, 74 (1), 47- 65.

Дукић, Д. & Гавриловић, Ј. (2002). *Хидрологија*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

Пешић, С. (1947). Реčni режими в Југославиј. *Geografski vestnik*, 19, 71 – 110.

Милановић, А. (2007). Анализа речног режима и водног биланса у сливу Лепенице. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“ САНУ*, 56, 36 – 49.

Милијашевић, Д. (2010). *Хидрогеографска студија реке Ђетиње*. Београд: Географски институт „Јован Цвијић“, САНУ.

Милијашевић, Д. (2010). Вероватноћа појаве великих вода на реци Ђетињи. *Гласник Српског географског друштва*, 90 (2), 15-28.

Републички хидрометеоролошки завод Србије, (1961-2007). *Hidrološki godišnjaci*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.

Републички хидрометеоролошки завод Србије, (1961-2006). *Klimatski godišnjaci*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.

Живковић, Н. (1994). Прилог проучавању водног биланса слива Нишаве. *Гласник Српског географског друштва*, 84 (1), 65-72.

Живковић, Н. (2006). Прилог изучавања водних режима река у Србији. *Зборник радова Географског факултета*, 54, 47 – 58.