

Јелена Ковачевић-Мајкић*

ХИДРОЛОШКА АНАЛИЗА ВОДОТОКА У СЛИВУ СКРАПЕЖА

Abstract: Reasons for lack of hydrological studies in mountainous regions are: absence of hydrological measurements and the fact that measurements were not continuous. However, as mentioned areas are basic sources of fresh, unpolluted and useful water, it is necessary to carry out water regime researches and continuous measurements. Surface amount of water in Skrapež riverbed was analyzed, as well as its regime and water balance. Water management problems were pointed out as well. This paper discusses problems connected to decreasing of water amount in the last 20 years of analyzed period, variations of discharge, threats to economy in periods of both low and high water, and also points out the torrential character of the river. The possibilities of water usage from previously unstudied Skrapež sub basins are pointed out as well. Research and utilization of these sub basins provided that high water quality is preserved, would lead to high level of solving the problems of water supply, irrigation and torrential rivers.

Key words: Skrapež River, water regime, unresearched rivers, water balance

Увод

Већина хидролога, који су се бавили проблемиком кратких токова, малих, као и неизучених сливова, мишљења су да је једини исправан начин при њиховом проучавању претходно проучавање физичко-географских одлика тих сливова, који су уједно битни фактори отицаја и том смислу обрађени су морфометрија, геолошка, геоморфолошка, климатолошка, педолошка, вегетацијска својства итд.

Слив Скрапежа је лепезаст и прилично симетричан. Највећи субслив је слив Лужнице, који захвата 22,44 % слива Скрапежа. Најиздуженији је слив Реновице, притоке Сеча реке, док највећу заобљеност има слив Сеча реке. Од геолошких формација најрапрострањенији су метаморфити који изграђују готово целу десну страну слива. Такође су заступљени магматити, кречњаци, неогени седименти и квартарне наслаге.

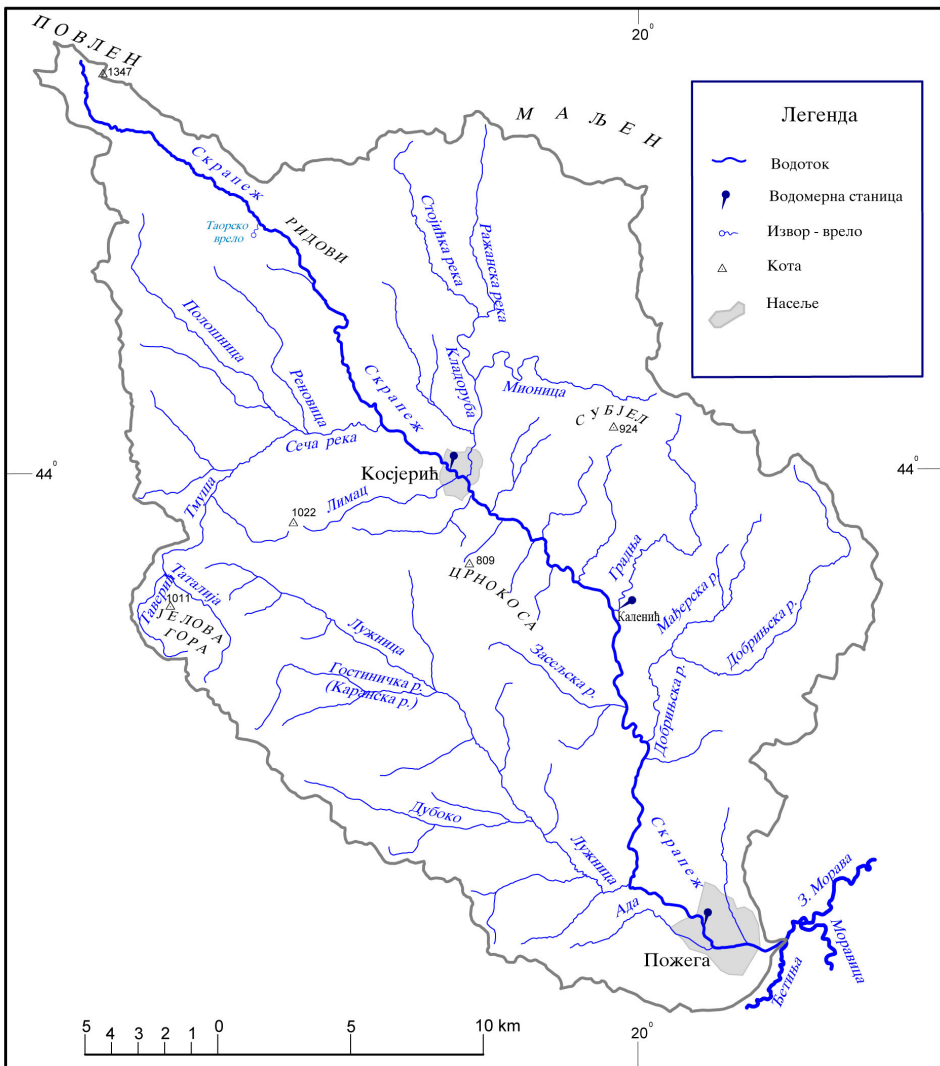
* Мр Јелена Ковачевић-Мајкић, истраживач-сарадник, Географски институт „Јован Цвијић“, САНУ, Београд

Рад представља резултате истраживања пројекта 146011 кога финансира Министарство науке Републике Србије

Метаморфити се у односу на отицај понашају као компактне стене, што потврђује највећа густина речне мреже, коју има Лужница, чији се слив налази на метаморфитима, тј. терену са мање пропусном подлогом. Кречњаци у горњем делу слива доводе до стабилнијег протицаја у Косјерићу у односу на Пожегу, док серпентинити и дијабази у североисточном делу слива изазивају појаву ерозије, денудације и бујичних токова. Вегетација, а нарочито шумски покривач има велики значај за отицање. Шумски покривач неко време задржава део падавина, доводи до уравнотеженог отицања и смањује ерозију. Коефицијент пошумљености до профила Косјерић износи 0,56, а до профила Пожега 0,58 (Николић, 2004). Слив Скрапежа има умерено-континенталну климу са континенталним плувиометријским режимом. Ипак, у сливу се могу издвојити две целине са мезоклиматским разликама, а то су планински обод и котлинско-долински делови слива. Најмање температурне разлике се јављају зими због температурних инверзија, које се јављају у Пожешкој котлини услед „ујезеравања“ хладних ваздушних маса, а највеће су у пролеће, када се на већим надморским висинама већи део топлоте троши на отапање снега, а у котлини се снег већ отопио и топлота се углавном троши на загревање ваздуха и земљишта. Падавине и плувиометријски режим су уз геолошки састав и вегетацију најзначајнији фактори који одређују режим реке. У последњих десет година проучаваног периода дошло је до смањења количине падавина у сливу Скрапежа. За средње месечне и годишње падавине може се рећи да су неравномерно распоређене. Однос између најкишовитијег месеца и месеца са најмањом количином падавина креће се око 2:1. Изражена су два максимума и минимума. Први максимум се јавља крајем пролећа и почетком лета и условљен је путањом циклона Vc, који су најчешћи у том периоду. На свим станицама први максимум се јавља у јуну. Примарни минимум се јавља на свим станицама у фебруару, изузев станице Таор где је први минимум у октобру. Локална одступања од правила да падавине расту са надморском висином постоје и објашњавају се наветреним положајем станица.

У сливу Скрапежа хидролошка осматрања се врше на две станице, и то у Пожеги од 1922. г. и у Косјерићу од 1961. г. У овом раду разматран је период од 1961-2000 г. С обзиром на чињеницу да осматрања у Косјерићу нису била редовна, низ је попуњен методом нормалног односа, тј. пропорцијом на средњегодишњем нивоу, а контролна станица за попуњавање низа у Косјерићу била је станица Пожега. Од више метода за извођење екстраполације (интерполације), овај метод се показао као најбољи за продужавање низа у сливовима где су станице основане касније, као и тамо где је било прекида у њиховом раду. У периоду

1981 – 1989 г. била је постављена и експериментална станица у Каленићу на реци Градњи. Низ на овој станици је такође продужен до 2000. године, а за референтну станицу је такође узета станица у Пожеги.



Слика 1. Хидрографска карта слива Скрапежа

Када су у питању вредности водостаја и протицаја на станицама Косјерић и Пожега, важно је нагласити да су оне мењале место, као и тип водомера, што се динекле одразило на речни режим. Наиме, до 1980. г. станица у

Косјерићу је била постављена низводно од ушћа Кладорубе¹ на 26,7 р.км.² и површина слива је на том профилу износила 279 км², а 1980. г. премештена је узводно од њеног ушћа на 28,1 р.км., те се сливна површина до водомерне станице смањила на 166 км². До промене локације станице водостај се мерио летвом, а на новој локацији је постављен лимниграф. На станици у Пожеги је такође 1978. године уместо летве постављен лимниграф, па су из тог разлога вредности водостаја пре и после промене водомера неупоредиве. Станица у Пожеги је 1987. године померена за 50 м узводно, али се то није одразило на вредности протицаја.

У циљу систематског прикупљања, обраде и чувања података и мониторинга у сливу, креиран је географски информациони систем који садржи податке о параметрима који се односе на слив, водотоке и водомерне станице. Такође су сви стални водотоци са називом шифровани према шифарнику Савезног хидрометеоролошког завода (Каталог река у СРЈ, 1995).

Протицај

Са променом положаја водомерне станице у Косјерићу, узводно од ушћа Кладорубе, смањена је количина воде која протиче поред водомерне станице и која износи око 43% од протицаја када се станица налазила низводније и укључивала воду Кладорубе.

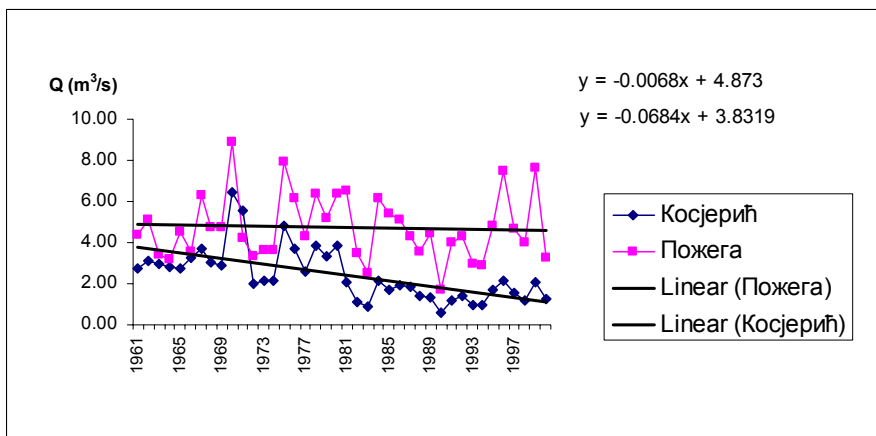
Ипак, не треба испустити из вида и чињеницу да је период 1981-2000, био мање кишовит од периода 1961-1980 (Ковачевић-Мајкић, Штрбац, 2008), на шта указује и смањен протицај на станицама у другом периоду. Линије тренда на обе станице су негативне.

Подаци у табели 2 за станицу Косјерић односе се на профил узводно од ушћа Кладорубе. Просечни годишњи протицај у периоду 1961-2000 у Косјерићу је износио 1,56 м³/с, а у Пожеги 4,73 м³/с. На путу од Косјерића до Пожеге протицај се повећава у складу са приливом воде од притока са леве и десне стране, као и од

¹ У литератури и на картама се река Кладоруба често среће под називом Кладороба. Разлог што се у тексту користи назив Кладоруба је етимолошки. У сливу Кладорубе је значајна речна ерозија због серпентинитске подлоге и огољених површина, те отуда потиче њен назив, јер за време високих вода она „рубди кладе“, тј. подлокава своје обале и са собом односи читава стабла. Милићевић 1876. године у делу „Кнежевина Србија“ наводи да се у Скрапеж између осталих улива и речица Кладоруба.

² р. км. – речни километар

прилива из подземља.³ Максимални протицаји се јављају у марту, а крај лета и почетак јесени је период када протичу најмање количине воде. Специфични отицај Скрапежа потврђује правило да са повећањем надморске висине и падавина расту и вредности специфичног отицаја. Тако средњи годишњи специфични отицај у Пожеги износи 7,51 l/s/km², а у Косјерићу 9,42 l/s/km². Већа издашност горњег дела слива може се објаснити и геолошким саставом. Наиме, у том делу слива је веће учешће кречњака него у делу слива низводно од Косјерића, а познато је да крас повећава отицање. Процент територије под кречњацима у сливу Скрапежа до профила Косјерић износи 30%, док је заступљеност кречњака у целом сливу око 12%. Може се извршити поређење са на пример сливом реке Градац до профила Дегурић (слив Колубаре), где је коефицијент закрашћености 70%, а специфични отицај 17,57 l/s/km² (Живковић, 1995).



Слика 2. Годишњи протицаји Скрапежа у периоду 1961-2000 г

Овако осредњене вредности и продужен низ за читавих десет година, међутим, не дају реалну хидролошку слику реке Скрапеж. Из тог разлога су за потребе анализе протицаја, али првенствено због специфичног отицаја и висине отицаја, посебно разматрана поменути два периода.

³ У следећем поглављу се обрађују протицаји на притокама Скрапежа. Ако се они (Кладоруба 0,72 m³/s, Градња 0,18 m³/s, Добрињска река 0,37 m³/s и Лужница 0,91 m³/s - табела 5) додају измереном протицају Скрапежа код Косјерића (1,56 m³/s), протицај Скрапежа се повећава на 3,74 m³/s и приближава се протицају у Пожеги (4,73 m³/s). Разлику између ових двају вредности дају друге необрађене реке, ако и прилив подземних вода.

Табела 2. Средње месечне и годишње вредности протикаја (Q , m^3/s), специфичног отицаја (q , $l/s/km^2$) и висине отицаја (Y_o , mm) реке Скрапеж у периоду 1961-2000.

1961-2000		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Косјерић (у)*	Q	1,51	2,21	2,85	2,62	2,26	1,77	1,09	0,58	0,58	0,78	1,09	1,38	1,56
Пожега	Q	4,67	7,56	8,85	7,20	7,08	4,98	3,65	1,78	1,70	2,02	3,02	4,29	4,73
Косјерић	q	9,11	13,29	17,17	15,77	13,60	10,69	6,55	3,51	3,51	4,70	6,58	8,33	9,42
Пожега	q	7,42	12,00	14,05	11,44	11,23	7,91	5,79	2,82	2,70	3,21	4,79	6,81	7,51
Косјерић	Y _o	24,40	32,42	46,00	40,87	36,43	27,71	17,56	9,40	9,11	12,60	17,07	22,31	297,15
Пожега	Y _o	19,87	29,28	37,63	29,64	30,09	20,51	15,51	7,57	7,01	8,59	12,41	18,24	236,96

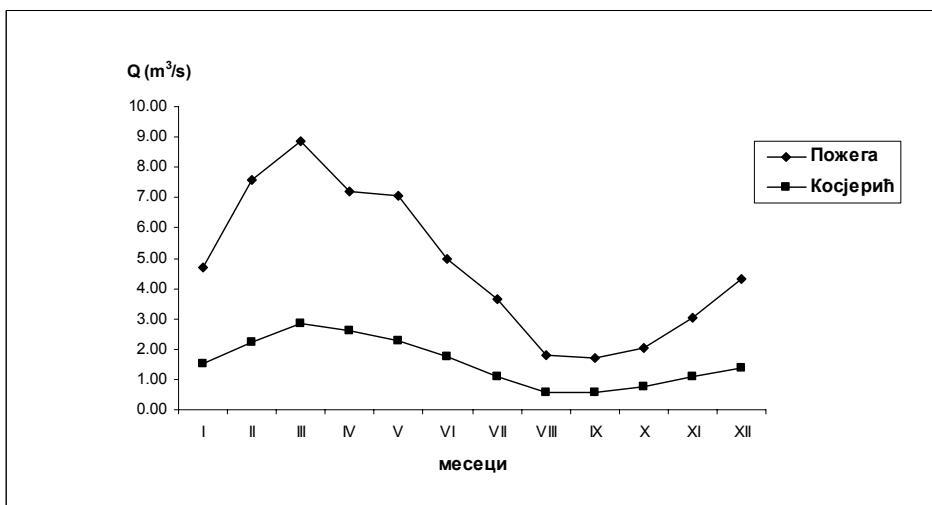
Табела 3. Средње месечне и годишње вредности протикаја (Q , m^3/s), специфичног отицаја (q , $l/s/km^2$) и висине отицаја (Y_o , mm) реке Скрапеж у периоду 1961-1980.

1961-1980		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Косјерић (н)*	Q	3,32	5,03	7,69	4,55	6,11	3,81	2,59	1,71	1,26	1,54	2,30	3,16	3,58
Пожега	Q	5,06	8,57	8,47	6,87	8,11	5,50	4,03	1,81	1,88	2,35	3,01	4,40	5,00
Косјерић	q	11,90	18,02	27,57	16,32	21,89	13,65	9,28	6,14	4,51	5,53	8,25	11,34	12,84
Пожега	q	8,03	13,61	13,44	10,91	12,87	8,73	6,39	2,88	2,98	3,73	4,77	6,98	7,94
Косјерић	Y _o	31,87	43,97	73,84	42,30	58,62	35,38	24,85	16,45	11,69	14,80	21,38	30,37	404,77
Пожега	Y _o	21,50	33,21	36,01	28,27	34,46	22,63	17,12	7,71	7,72	9,98	12,38	18,71	250,51

Табела 4. Средње месечне и годишње вредности протикаја (Q , m^3/s), специфичног отицаја (q , $l/s/km^2$) и висине отицаја (Y_o , mm) Скрапежа и Градње у периоду 1981-2000.

1981-2000		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Косјерић (у)*	Q	1,39	1,91	2,97	2,74	1,93	1,59	0,97	0,57	0,52	0,65	1,10	1,35	1,47
Пожега	Q	4,29	6,55	9,23	7,54	6,05	4,47	3,27	1,75	1,53	1,69	3,03	4,18	4,46
Каленић	Q	0,18	0,28	0,30	0,25	0,28	0,18	0,12	0,07	0,07	0,08	0,13	0,17	0,18
Косјерић	q	8,36	11,51	17,91	16,49	11,62	9,58	5,87	3,44	3,15	3,94	6,60	8,11	8,88
Пожега	q	6,81	10,39	14,65	11,96	9,60	7,09	5,18	2,77	2,43	2,69	4,80	6,63	7,08
Каленић	q	6,56	10,30	11,04	8,97	10,21	6,46	4,41	2,60	2,55	2,80	4,63	6,27	6,40
Косјерић	Y _o	22,39	28,07	47,98	42,75	31,13	24,83	15,72	9,22	8,18	10,55	17,12	21,73	280,15
Пожега	Y _o	18,23	25,35	39,24	31,01	25,71	18,38	13,89	7,42	6,29	7,19	12,45	17,76	223,40
Каленић	Y _o	17,58	25,13	29,56	23,24	27,34	16,74	11,81	6,97	6,62	7,50	12,00	16,80	201,84

*у- профил узводно од ушћа Кладорубе, н - профил низводно од ушћа Кладорубе

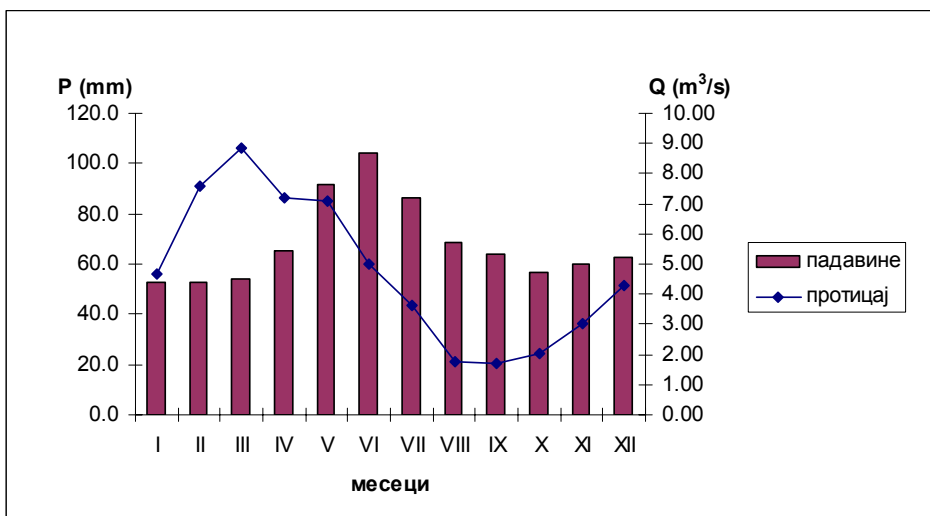


Слика 3. Средњи месечни протицаји у сливу Скрапежа у периоду 1961-2000

Просечни годишњи протицај Скрапежа у Косјерићу, у периоду 1961 – 1980 износио је $3,58 \text{ m}^3/\text{s}$ (профил низводно од ушћа Кладорубе), а у Пожеги $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$. У периоду 1961-1980 максимални протицаји на станици Косјерић јављају се у марту, а у Пожеги у фебруару. Последица су отапања снега и падавина. Наиме, у доњем делу слива снег се већ у фебруару отапа и утиче на повећање протицаја, док се у вишим деловима слива снег отапа касније, тј. његов утицај се у Косјерићу осети у марту. Тада су вредности протицаја веће од просечних годишњих за око 50%, па и више. Минимални протицаји се у Пожеги јавља у августу, а у Косјерићу у септембру. У периоду 1981 - 2000 просечни годишњи протицај Скрапежа у Косјерићу (профил узводно од ушћа Кладорубе) износио је $1,47 \text{ m}^3/\text{s}$, а у Пожеги $4,46 \text{ m}^3/\text{s}$. Средња вредност протицаја у Каленићу на Градњи у периоду 1981 – 2000 износила је $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$. У просеку у периоду 1981-2000 највећи протицаји на све три станице бележе се у марту, док се минимум на Градњи јавља у августу и септембру, а у Косјерићу и Пожеги у септембру. Ове чињенице наводе на закључак да Скрапеж припада рекама плувио-нивалног режима, умерено континенталне варијанте (Дукић, Гавриловић, 2006). Највећи средњемесечни протицај у Пожеги износи $9,23 \text{ m}^3/\text{s}$, а најмањи $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$, тако да је амплитуда $7,70 \text{ m}^3/\text{s}$. У Косјерићу је вредност максималног средњемесечног протицаја $2,97 \text{ m}^3/\text{s}$, а минималног $0,52 \text{ m}^3/\text{s}$, па амплитуда износи $2,45 \text{ m}^3/\text{s}$. Односи између највећих и најмањих протицаја у току године се крећу од 1:4 на Градњи до око 1:6 у Косјерићу и Пожеги у периоду 1981-2000. У Пожеги се тај однос погоршао с обзиром на чињеницу да је у периоду 1961-1980 износио 1:4,7. Тако релативно

велике амплитуде и односи између највећих и најмањих протицаја, као и мала количина воде су неповољне за коришћење вода Скрапежа у привреди.

Велика евапотранспирација, изазвана високим температурама ваздуха у време максималних падавина које се јављају у јуну, разлог је непоклапања максимума падавина и максимума протицаја. Минимални протицаји су последица високих температура, великог испаравања и мале количине падавина крајем лета и почетком јесени.



Слика 4. Средњи месечни протицаји Скрапежа у Пожеги и падавине у сливу у периоду 1961-2000

Вештачки утицај на режим отицаја у сливу Скрапежа имају урбанизација у области Косјерића и Пожеге и наводњавање пољопривредних површина и пластеника. Они доводе до мењања елемената водног биланса и неких „нелогичних“ појава у водном режиму, а то је да су протицаји (мали, средњи и велики) понекад већи у Косјерићу него у Пожеги. Та појава, међутим, уопште није ретка. Како у Косјерићу није било мерења у периоду 1973-1978. г. и 1980. г, број месеци са овом „аномалијом“ може бити и већи. То се дешавало у свим месецима, али најчешће у периоду лета, односно пролећа и јесени, тј. у време или суше или највећих падавина. Просечно одступање код минималних вода износи око $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, код средњих вода око $2 \text{ m}^3/\text{s}$, а код максималних вода око $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Некада су ове разлике знатније па је тако у новембру 1987. године у Косјерићу износ максималног протицаја био $67,1 \text{ m}^3/\text{s}$, а у Пожеги $39 \text{ m}^3/\text{s}$. Ова разлика је толико драстична да је врло

вероватно да је код оваквих случајева присутна грешка у мерењу. Ако се проблем разматра по годинама, може се уочити да се поменута појава чешће јављала од 1961-1980 године⁴, него од 1981-2000 године. Кад је реч о малим и средњим водама таквих дешавања није било у периоду 1981-2000.

Објашњење би могло бити у следећем: у време лета (период VI-VIII) услед високих температура ваздуха потребе за наводњавањем су знатне, а како се на путу од Косјерића до Пожеге дуж тока налазе бројни пластеници, већи део воде се губи на тај начин, те су воде у Косјерићу веће од оних у Пожеги. Веће мале воде у току зиме у Косјерићу у односу на Пожегу могу се објаснити карбонатним саставом горњег дела слива, који утиче тако што повећава удео подземних вода, а које иначе хране реку у периоду малих вода. Појаве плавлјења Пожешке котлине и потребе за водом у време ниских вода представљају велики водопривредни проблем и зато је потребно адекватно приступити њиховом решавању.

Водни режим токова на којима нема хидролошких осматрања

Висина отицаја је важан показатељ при одређивању водног биланса, као и код одређивања протицаја за неизучене сливове, преко зависности висине отицаја од падавина. На основу зависности ефективних падавина (висине отицаја) од средњих падавина у сливу⁵ дошло се до података о висинама отицаја неизучених река у сливу на свим жељеним профилима река. Затим је израчунат специфичан отицај, а уз познату површину слива до тог профила дошло се до података о протицају. Даље су помоћу модулних коефицијената добијени подаци о средњим месечним вредностима протицаја, тј. о режиму реке. Знајући колике су средње годишње количине падавина за поједине сливове и друге жељене површине, а на основу зависности висине отицаја од падавина за Западно-моравски регион (Оцокољић, 1984), одређене су висине отицаја за веће притоке Скрапежа и Скрапеж на профилу између Бјелоперица и Каленића, а затим и остали елементи водног режима.

⁴ Године када није било мерења у Косјерићу се не могу третирати као године у којима се то није дешавало.

⁵ Средње годишње падавине у сливу Скрапежа и његовим субсливовима одређене су помоћу растерског ГИС-а, на тај начин што је након утврђене добре корелације ($r=0,98$) између средњих годишњих падавина за период 1961-2000 и надморске висине кишомernih станица у сливу, којих има 8, утврђена линеарна зависност ове две величине и сваком пикселу грида величине 100x100 m дигиталног модела висина додељене вредности параметара из линеарне једначине. Тако су добијене вредности падавина за сваки пиксел, а затим и за жељене површине. (Ковачевић-Мајкић, Штрбац, 2008)

У раду М. Оцокољића обрађен је период 1951-1980. Како је за изучавање хидролошких одлика реке Скрапеж коришћен период 1961-2000, очекивано је добијање података за које се не може рећи да одговарају стварном стању. То је и потврђено израчунавањем елемената водног режима истим овим методом за профил Пожега на реци Скрапеж, где се иначе налази водомерна станица. На тај начин је утврђено да се добијају веће вредности свих елемената режима, него што су показала емпиријска мерења на поменутом профилу. Стога је урађена корекција ефективних падавина за све поменуте профиле и добијени су релевантнији подаци.⁶

На основу израчунавања модулног коефицијента K за станицу Пожега, израчунате су месечне вредности протицаја за све поменуте профиле.⁷ Највеће вредности протицаја у сливу Скрапежа бележе се у марту, а најмање у септембру.

Коректност на овај начин добијеног протицаја потврђена је и упоређивањем добијених вредности са вредностима протицаја измереним на терену. Теренска истраживања и мерења протицаја вршена су у лето и јесен 2003. године, као и у јесен 2005. године на већим притокама Скрапежа (Сеча реца, Кладоруби са Мионичком и Ражанском реком, Градњи, Добрињској реци, Лужници) и свим притокама Сеча реке (Јакљачи, Тмуши са Таверићем и Таталијом, Полошници са Рековцем, Реновици). Протицај је израчунат тако што је мерена површина профила речног корита ограничена водним огледалом и брзина воде. Иако су мерења вршена свега неколико пута и без довољно прецизних инструмената, ипак бирани су репрезентативни периоди и показало се да се подаци добијени са терена и методом регионалних анализа зависности отицаја од падавина доста добро поклапају и потврђују тачност оба метода⁸. Овако добијени подаци се могу сматрати поузданим за станицу Пожега, док се вредности за остале профиле могу окарактерисати као процењени са доста великом вероватноћом поуздности.

⁶ Смањење ефективних падавина, тј. оног дела падавина који отекне у односу на укупне падавине, указује на промену водног биланса и повећано испаравање, до кога је дошло највише услед антропогеног утицаја.

⁷ Модулни коефицијент K за сваки месец је добијен као количник месечних и годишње вредности протицаја за станицу Пожега, а затим је помножен са годишњим вредностима протицаја осталих профила, чиме су добијене месечне вредности протицаја на тим профилима.

⁸ На пример измерени протицај Лужнице непосредно пред ушћем у новембру 2005. године износио је $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$, а рачунским методом добијена је вредност $0,58 \text{ m}^3/\text{s}$ или измерени протицај Градње непосредно пред ушћем у августу 2003. године износио је $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, док је рачунском методом добијена вредност $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$.

Табела 5. Хидролошки подаци за реке у сливу Скрапежа на којима нема осматрања у периоду 1961-2000.

Река	Профил	Psr (mm)	Y (mm)	C	q (l/s/km ²)	F (l/km ²)	Q (m ³ /s)
Сеча река	ушће	904,1	313	0,35	9,93	93,25	0,93
Кладоруба	ушће	835,9	199	0,24	6,31	113,70	0,72
Градња	ушће	838,6	200	0,24	6,34	27,99	0,18
Скрапеж	Бјелоперице	867,5	262	0,30	8,31	351,84	2,92
Добрињска река	ушће	823,5	187	0,23	5,93	62,65	0,37
Лужница	ушће	833,5	198	0,24	6,28	145,34	0,91

Psr – средње падавине у сливу, Y – висина отицаја, C – коефицијент отицаја, q – специфичан отицај, F – површина слива, Q – протицај

Из табеле 5 се види да највећи коефицијент отицаја има Сеча река у износу 0,35. На то утиче геолошки састав субслива Сеча реке, који је углавном изграђен од метаморфних стена, на којима је мања инфилтрација у односу на кречњачке делове слива и котлинске делове под неогеним седиментима. У односу на остале профиле, у поменутом сливу је и највећи специфични отицај (9,93 l/s/km²), на шта утиче већа рашчлањеност и већа енергија рељефа. Такође најмањи коефицијент ерозије у овом делу слива (од 0.10 – 0,30) погодује изградњи акумулације „Сеча река“, тј. било би мање њено засипање у односу на потенцијалне акумулације у неким другим деловима слива, где је већа ерозија. Таква акумулација би решила део водопривредних проблема у сливу Скрапежа.

Табела 6. Средњи месечни протицаји за реке у сливу Скрапежа на којима нема осматрања у периоду 1961-2000.

Река	Профил	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Сеча река	ушће	0,91	1,48	1,73	1,41	1,38	0,97	0,71	0,35	0,33	0,39	0,59	0,84
Кладоруба	ушће	0,71	1,15	1,34	1,09	1,07	0,76	0,55	0,27	0,26	0,31	0,46	0,65
Градња	ушће	0,18	0,28	0,33	0,27	0,27	0,19	0,14	0,07	0,06	0,08	0,11	0,16
Скрапеж	Бјелоперице	2,89	4,67	5,46	4,45	4,37	3,08	2,25	1,10	1,05	1,25	1,86	2,65
Добрињска р.	ушће	0,37	0,59	0,69	0,57	0,56	0,39	0,29	0,14	0,13	0,16	0,24	0,34
Лужница	ушће	0,90	1,46	1,71	1,39	1,36	0,96	0,70	0,34	0,33	0,39	0,58	0,83

Водни биланс

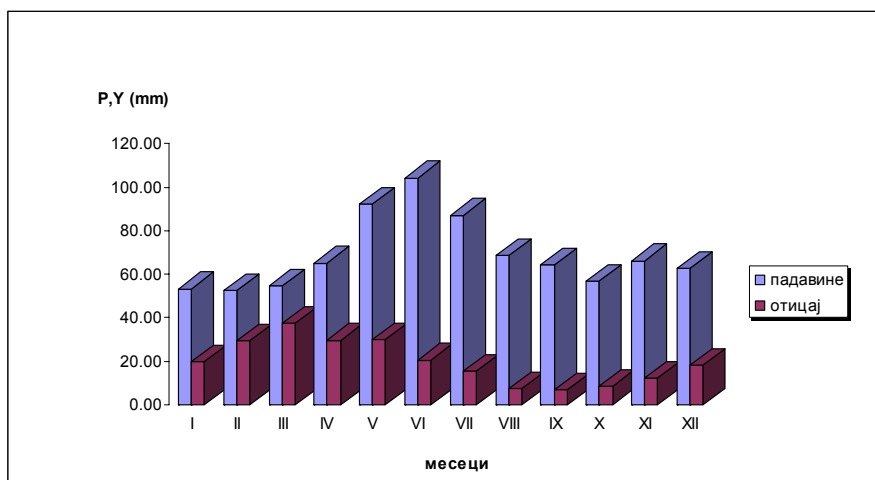
Ради што рационалнијег и ефикаснијег коришћења вода Скрапежа израчунат је водни биланс. То је неопходно стога што је вода постала лимитирајући фактор за развој привреде.

Табела 7. Водни биланс Скрапежа до профила Пожега за период 1961-2000.

P (mm)	Y (mm)	E (mm)	S (mm)	U (mm)	C	Cz	W ⁹ (mm)	Ki	Ku
847	237	610	145	92	0,28	0,72	702	0,83	0,11

P – падавине, Y – укупни отицај, E – испаравање, S – површински отицај, U – подземни отицај, C – коефицијент отицаја, Cz – коефицијент испаравања, W – инфилтрација, Ki – коефицијент инфилтрације, Ku – коефицијент храњења реке подземним водама

Према Брикнеровој једначини водног биланса ($P=Y+E$), добијена је количина отеклих падавина и оне воде која испари. Тај однос је доста неповољан с обзиром да свега 28% воде отекне, а 72% испари. Уколико се погледају месечне вредности, ти односи су још неповољнији. На слици 7 приказан је однос падавина и оног њиховог дела који отекне. Јасно је да најмања количина падавина отиче лети, док највећи део испарава.



Слика 7. Однос падавина и висине отицаја до профила Пожега у периоду 1961-2000

Површински и подземни отицај су одређени на три начина: методом рашчлањивања хидрограма четири карактеристичне године (две средњеводне, једне маловодне и једне многоводне) (Оцокољић, 1993/1994), методом карактеристичног броја природе речног слива (Илић, 1998) и

⁹ Инфилтрација (W) у пракси није једнака збиру подземног отицања и испаравања, јер део воде испари и пре него што се инфилтрира у земљиште, задржавањем у улегнућима, на лишћу и сл. (Ракићевић, 1973).

методом зависности подземног отицаја од средњег месечног минималног протицаја за слив Западне Мораве (Оцокољић, 1995). Како су сва три метода дала приближно исте резултате са разликом до 4% када су у питању подземни и површински отицај, овде је представљен само један, тачније трећи од наведених метода. Из зависности $UQ=f(NQ)$, где је UQ подземни протицај, а NQ минимални протицаји за слив Западне Мораве, а на основу познатог минималног протицаја за реку Скрапеж, одређен је подземни протицај реке Скрапеж. Даље се системом једначина за израчунавање специфичног отицаја и висине отицаја дошло до подземног отицаја U . Како је висина отицаја једнака збиру подземног (U) и површинског отицаја (S), дошло се до тих вредности биланса, као и до коефицијента инфилтрације (K_i) и коефицијента хранења реке подземним водама (K_u).

Већи површински (2/3) од подземног отицаја (око 1/3) указује на бујичарски карактер Скрапежа. У земљиште се инфилтрира 702 mm падавина, али од тога само 11% подземно притиче реци, док осталих 89% користе биљке или испарава, па се евапотранспирацијом та количина воде враћа у атмосферу. Овакав водни биланс је хидролошки неповољан, а растуће потребе за водом и све већа примена агротехничких мера наговештавају могућност тражења решења у довођењу вода из виших терена и других сливова. Подземне воде се већ довољно користе за водоснабдевање Пожеге и њихови капацитети су све мањи, посебно крајем лета и почетком јесени.

Кад су у питању количине и квалитет вода са једне стране и насељеност и урбанизација са друге, присутна је диспропорционалност. Наиме, у нижим пределима је све већа загађеност вода и све је мање чисте и искористиве воде, а све је већа густина насељености и потребе за квалитетном водом. Са друге стране већа издашност вода је у планинским пределима, а све мања насељеност. Изнад надморске висине од 500 m воде се налазе у I класи. То је значајно, јер се 71,34% слива налази изнад изохипсе од 500 m н. в., а просечна издашност у Косјерићу, који се налази између 410 и 415 m н. в., у периоду 1961-2000. износи 9,42 l/s/km² и кретала се у пролеће до 17,17 l/s/km², што значи да је у вишим деловима слива још већа. Међутим, у Пожеги, иако је прописана II класа, квалитет вода се налази на прелазу између III и IV класе, те не задовољава прописане норме о квалитету воде. Индустриска постројења у Косјерићу и Пожеги, као и домаћинства, својим отпадним водама погоршавају квалитет воде нарочито у време малих вода.

Закључак

Из претходне анализе водности слива Скрапежа јасно је да се количина воде која протиче коритом смањује. Главни узрок томе је смањена количина падавина у последњих десет година проучаваног периода (1991-2000). Уочљива је и релативност водности. Наиме, укупна количина воде која у току године протекне коритом Скрапежа је велика у поређењу са, на пример, рекама Шумадије. Скрапеж, иако ток са неравномерним протицајем у току године, релативно је богат водом у односу на реке Шумадије, чија водом најбогатија река, Јасеница, има средњи годишњи протицај $4,70 \text{ m}^3/\text{s}$, а површину слива 1356 km^2 (Глишић, 2002). То значи да је површина Јасенице дупло већа од површине слива Скрапежа, док им је протицај приближно једнак. Међутим, то богатство водом не обезбеђује довољне количине воде у току године (нарочито у летњим месецима), мада ни поплаве нису реткост. Осим реке Скрапеж, детаљније је проучен водни режим њених већих притока. Са максималним протицајима у марту и априлу и минималним у септембру, Скрапеж и његове притоке припадају рекама плувио-нивалног режима умерено-континенталне варијанте. Изразито бујичарском карактеру реке Скрапеж доприноси већи удео површинског (61%) у односу на подземни отицај (39%). Такође, Скрапеж је ток који се одликује извесним „неправилностима“ у смислу да се понекад јављају веће максималне воде узводно него низводно, као последица антропогеног утицаја, разливања великих вода и геолошког састава. Неповољност водног биланса, осим поменутог већег површинског отицаја, карактерише се и малим коефицијентом отицаја, који у сливу Скрапежа износи свега 28%.

Сви ови подаци и растуће потребе за водом намећу потребу за тражењем решења водопривредних проблема, који из овога проистичу. У решавању ових проблема помогла би започета израда ИС (информационог система) слива Скрапежа.

Литература

Глишић Р. (2002): Јасеница – морфолошко-хидролошке карактеристике. Библиотека „Деспот Стефан Лазаревић“, Београд

Група аутора (1996 а): Водопривредна основа Републике Србије – нацрт, Министарство за пољопривреду, шумарство и водопривреду, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд

Група аутора (1996 б): Документациони материјал за израду Водопривредне основе Републике Србије – нацрт. Министарство за

пољопривреду, шумарство и водопривреду, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд

Група аутора (2001): Водопривредна основа Републике Србије. Министарство за пољопривреду, шумарство и водопривреду, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд

Дукић Д., Гавриловић Љ. (2006): Хидрологија. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд

Живковић Н. (1995): Утицај физичко-географских фактора на висину отицаја у Србији. Географски факултет, Београд

Илић Р. (1998): Воде 2 – природни закон водног биланса у речном сливу. Војноиздавачки завод, Београд

Каталог река у СРЈ. Савезни хидрометеоролошки завод, Београд, 1995

Ковачевић-Мајкић Ј, Штрбац Д. (2008): Просторна интерполација падавина у зависности од надморске висине у сливу Скрапежа. *Гласник Српског географског друштва*, 88 (1), (у штампи)

Мисаиловић И. (1981): Долина Скрапежа – регионално географска студија. Докторска дисертација, Географски факултет, Нови Сад

Николић Ј. (2004): Модел одређивања евапотранспирације у хетерогеним геолошким условима на примеру горњег слива Западне Мораве. Докторска дисертација, Рударско геолошки факултет, Београд

Оцокољић. М. (1984): Регионалне анализе зависности отицања од падавина. *Гласник Српског географског друштва*, 64 (1)

Оцокољић. М. (1993): Водни биланс притока Велике Мораве. *Гласник Српског географског друштва*, 73(2), р. 27-34

Оцокољић. М. (1993/1994): Површински и подземни отицај у сливу Колубаре. *Зборник радова* Географског института „Јован Цвијић“, САНУ, 44-45

Оцокољић. М. (1995): Зависност подземног отицаја од средњег месечног минималног протицаја за слив Западне Мораве, база података Географског института „Јован Цвијић“, САНУ, Београд

Ракићевић Т. (1973): Нове методе проучавања водног биланса на примеру реке Расине. *Зборник радова*, св. XX, Природно-математички факултет Универзитета у Београду, Географски институт, Београд

Ранитовић В. (1981): Хидролошке одлике реке Скрапеж. *Зборник радова* Географског института „Јован Цвијић“, САНУ, 33

Хидролошки годишњаци. Савезни хидрометеоролошки завод, Београд, 1953-1990.

HYDROLOGICAL ANALYSES IN SKRAPEŽ RIVER BASIN

Summary

From the previous analyses of water amount of Skrapež river basin, it is obvious that water amount flowing through riverbed is decreasing. The main reason is decreased amount of precipitation in the last ten years of research period (1991-2000). Relativity of water amount is also obvious: the total amount of water in Skrapež river basin is large in comparison with, for example, rivers in Šumadija. Skrapež River, although with unequal discharge during the year, is relatively rich in water in comparison with Jasenica river (the biggest river in Šumadija), the mean annual discharge of which is $4.70 \text{ m}^3/\text{s}$, and water basin area 1356 km^2 (Glišić, 2002). That means that Jasenica river basin area is twice as large as that of Skrapež, but discharge is almost the same. However, such water amount does not provide enough water amounts during the year (especially in summer), although floods are not rare. Except the Skrapež River, water regime of its bigger tributaries is studied more in detail. With the maximal discharge in March and April, and minimal at the end of the summer and the beginning of autumn, Skrapež and its tributaries belong to the rivers of pluvio-nival regime of medium continental variant. Higher part of surface runoff (61%) in relation with underground runoff (39%) contributes to outstanding torrential character of Skrapež River. Also, Skrapež is a river with certain »irregularities«, meaning that sometimes there are greater maximal waters upstream than downstream, as a consequence of anthropogenic influence, high water flooding and geological structure. Except the mentioned bigger surface runoff, another unfavorable water balance characteristic is also small runoff coefficient in Skrapež River basin (only 28%).

All these data and the increasing needs for water, require appropriate solutions to the mentioned water management problems. Creation of the information system (IS), which has already started, will be of great help in solving of these problems.