

Мирослав Оцокољић

UDK 911.2:627.15 (497.11)
Прегледни чланак

ПОВРШИНСКИ И ПОДЗЕМНИ ОТИЦАЈ У СЛИВУ КОЛУБАРЕ

Анализом режима и водног биланса површинског и подземног отицаја у сливу Колубаре, утврђено је да већина река има бјигичарске особине са јако неповољним односом између површинске и подземне компоненте отицања. Од укупног протицаја Колубаре ($23,3 \text{ m}^3/\text{s}$), површински се слије у реку $15,6 \text{ m}^3/\text{s}$ или 67%, а $7,7 \text{ m}^3/\text{s}$ или 33% подземно. Ови односи су повољнији у горњем планинском сливу, а неповољнији у доњем низијском делу слива. Водни биланс слива је исто тако неповољан, јер од просечних падавина (818 mm), само 205 mm отиче, 613 mm испарава, 137 mm се слива у реке и 68 mm притиче подземно. У раду је дат један пример хидролошког модела за прогнозу отицања великих вода.

Кључне речи: Отицај, Површински, Подземни, Биланс, Колубара

УВОД

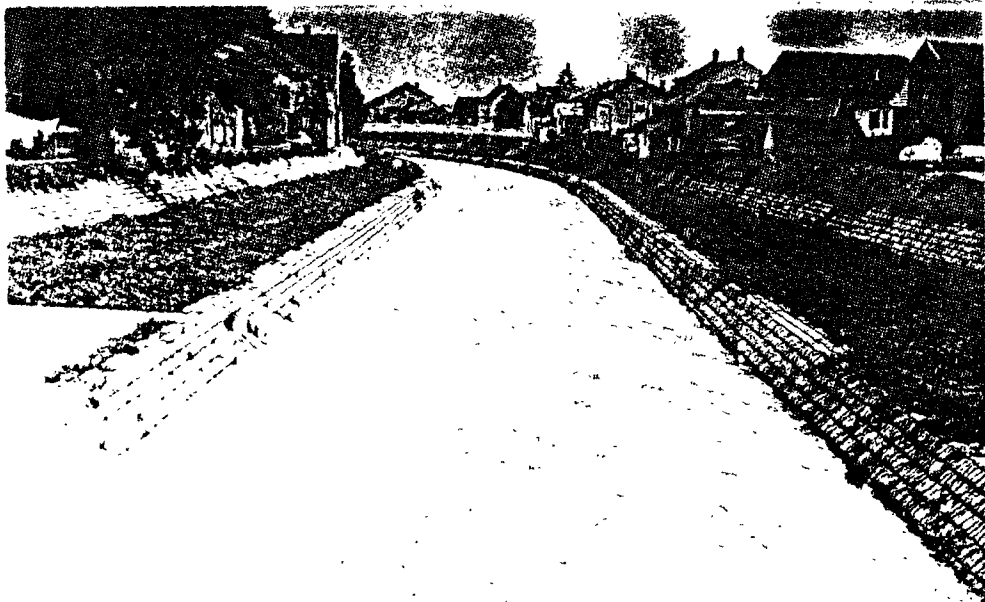
У Географском институту "Јован Цвијић" САНУ планирано је да се обради научна тема "Површински и подземни отицај у Србији". Замишљено је да се она уради по нешто скраћеном поступку, коришћењем мањег броја станица и обрадом већих и значајнијих река. Исто тако, замишљено је да се посебно обраде они сливови у којима су процеси отицања јако нарушени, при чему би се, у оквиру проучавањег слива обрадиле све реке на којима има осматрања. Колубара је једна од река западне Србије на којој је као последица сталног нарушавања односа између максималних и минималних вода, дошло до деструктивног деловања вода, па је у многим деловима њеног слива потребно предузимати одговарајуће интервенције, како би њихово штетно дејство било сведено на минимум. Многе њене притоке лети пресуше или су на граници пресушивања, што се неповољно одражава на акватичан живот река. Честе поплаве у долини Колубаре и њених притока и велике штете које се при томе привреди наносе, намећу потребу да се убудуће мора прићи бољем упознавању њеног свеукупног режима, при чему подаци о површинском и подземном отицају у томе могу да пруже велику корист. Обрадом ових двеју компоненти укупног отицања у периоду 1951-1985. на четири хидролошке станице на Колубари и осам на њеним притокама употпуниће се празнина у познавању њеног режима. Резултати оваквих истраживања у значајној мери могу да допринесу бољем решавању бројних и

разноврсних водопривредних проблема, као што су водоснабдевање, наводњавање или хидроенергетско искоришћавање њених вода. Без познавања резултата и режима о површинском отицању, чије су вредности најприближније великим водама и подземног, који је опет веома близак минималним водама, данас је практично немогуће проучавати режим река нити давати прогнозе појава поплава, а посебно дугорочне прогнозе исцрпљења подземних вода, које се у новије време све више користе за водоснабдевање или наводњавање. Овај је проблем с друге стране актуелизиран и тиме што је све јаче загађивање речних и подземних вода у сталној вези са даљим осиромашењем малих вода, тако да ће оне бити и још више загађене.

ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ РЕЖИМА

Колубара је река са много или пак мало воде. Највећи део њених вода протекне у виду поплавних таласа, најчешће у пролеће и зиму, док је воде у њеном кориту веома мало у вегетационом периоду. Колубара уноси у Саву просечно $23,3 \text{ m}^3/\text{s}$ протицаја са специфичном издашношћу од $6,50 \text{ l/s/km}^2$, од чега на пролеће дође око 44,2%, лето 15,8%, јесен 8,80% и зиму 31,2%. Највећи средњи месечни протицај је у марту - $47,5 \text{ m}^3/\text{s}$, а најмањи у септембру - $5,10 \text{ m}^3/\text{s}$. На свом току дугом 86 km, протицај Колубаре се од њеног почетка у Ваљево до ушћа у Саву код Обреновца, повећа за 6,2, а површина слива за 10,5 пута. Највећи део вода Колубаре се формира у околини Ваљева где се стичу њене многобројне притоке. Обница и Јабланица које образују Колубару у Ваљево уносе по 1,74, односно 1,77 m^3/s протицаја, Градац око 3,0 m^3/s , а протицај Колубаре у профилу Словац где је површина њеног слива 995 km^2 је 10,0 m^3/s , што износи 43,3% њеног укупног отицања. Љиг је водом најбогија притока Колубаре, са просечним годишњим протицајем од $5,27 \text{ m}^3/\text{s}$, што је скоро два пута више од Тамнаве ($3,00 \text{ m}^3/\text{s}$), која је по површини слива најпространија притока Колубаре (929 km^2). Од других притока значајне су још Пештан који у профилу Зеоке ($F=125 \text{ km}^2$) има $Q=0,75 \text{ m}^3/\text{s}$, Уб у Убу (214 km^2) са $Q=1,15 \text{ m}^3/\text{s}$, Рибница у профилу Паштрић (104 km^2) $Q=1,24 \text{ m}^3/\text{s}$, [СХМЗ, 1951-1985.]. Најиздашнији делови слива су изворишта река који су у планинама и под карстом. Тако Градац, десна притока Колубаре има специфични отицај од $18,6 \text{ l/s/km}^2$, док је најмањи специфични отицај на Тамнави (Геманов Мост) $4,57 \text{ l/s/km}^2$. Као што се види, распоред отица-

ња у сливу је неповољан, што се веома неповољно одражава на коришћење вода, јер је ње најмање у оним деловима слива где су потребе за водом највеће. Зато се у новије време врши прерасподела вода, превођењем из планинских у ниже равничарске пределе где је урбанизација узела великог маха.



Сл. 1. - Колубара у Ваљеву - регулисано корито
(фото. М. Оцокољић, 8. 8. 1991)

The Kolubara river in Valjevo - regulated river stream

У односу на падавине, отицај у сливу Колубаре је такође неповољан. Највећи део падавина испарава услед високих температура ваздуха, али и присуства већих пољопривредних површина уз примену агротехничких мера. Просечне годишње падавине у сливу су 818 mm, од чега реком отиче око 25%, а остатак (75%) одлази на испаравање.

Колубара припада умерено-континенталној варијанти плувио-нивалног режима са највећим отицајем у пролеће (март) као последица топљења снега пренетог из зиме, велике влаге у земљишту и честих киша, док су најмања отицања у лето и јесен (септембар), услед високе евапотранспирације и

нешто мањих падавина [Д. Дукић, 1974.]. Због овога, јако су неповољни односи између екстремних протицаја. Максимални протицај на Колубари већи је од $700 \text{ m}^3/\text{s}$, а минимални само око $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Сем Градца, све друге притоке Колубаре имају мале воде испод 150 l/s , а неке су на граници пресушивања (Уб, Тамнава, Пештан). Однос између великих и малих вода на Колубари је 1:3.420 у Ваљеву, 1:1.242 у Дражевцу, а 1:3.020 на реци Љиг. Као последица тога у сливу Колубаре су запажене велике количине и вученог и суспендованог наноса, речна корита се наизменично продубљују или засипају, са тенденцијом чешћег засипања, тако да Колубара уноси у Саву огромне количине наноса које се веома неповољно одражава на акумулацију "Бердап".

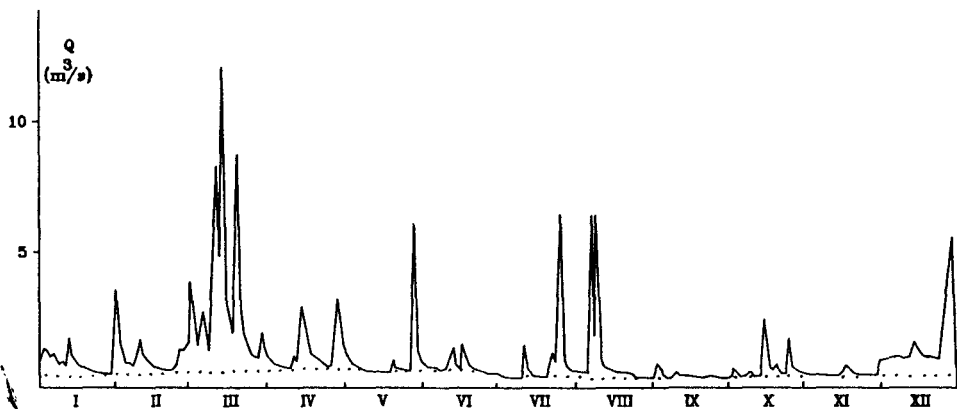
МЕТОДЕ ЗА ОДРЕБИВАЊЕ ПОВРШИНСКОГ И ПОДЗЕМНОГ ОТИЦАЈА

Анализа хидрограма

Површински и подземни отицај су хидролошке величине које се не могу добити директно мерењима. Истина, подземни отицај се може мерити у време појаве дуготрајних суша, али он важи само за тај краћи временски период, без могућности превођења на дугогодишњу (просечну) вредност. Стога се данас у свету примењују друге методе-емпирске, полуемпирске, метод аналогije, а најчешће метод анализе хидрограма средње дневних протицаја, који је примењен у овом раду (ск. 1).

Опште је познато да хидрограм представља графички приказ средње дневних протицаја у функцији времена. На ординати су протицаји у одређеној сразмери, а на апциси дани у години. Обично се за дан узима размера $1 \text{ mm}=1 \text{ дан}$.

Ако се међусобно упореде хидрограми разних река приближно истих падавина и површина слива, уочавамо међу њима велике разлике. Неки су јако променљиви, јер протицаји имају велика колебања, вода се веома брзо слије у реку, док су други уједначенији, код њих је процес отицања спорији и равномернији. Карактеристике сливова, одређују облик и карактеристике хидрограма. Уколико површинским отицањем долази у реке више воде од кише, утолико је хидрограм неравномернији, односи између екстремних протицаја су израженији, и обрнуто, код великог процента подземног отицаја хидрограм има знатно равномернији ток [Оцоковић М., 1971].



Ск. 1. - *Хидрограм средњих дневних протицаја реке Уб у Убу за 1982. годину*

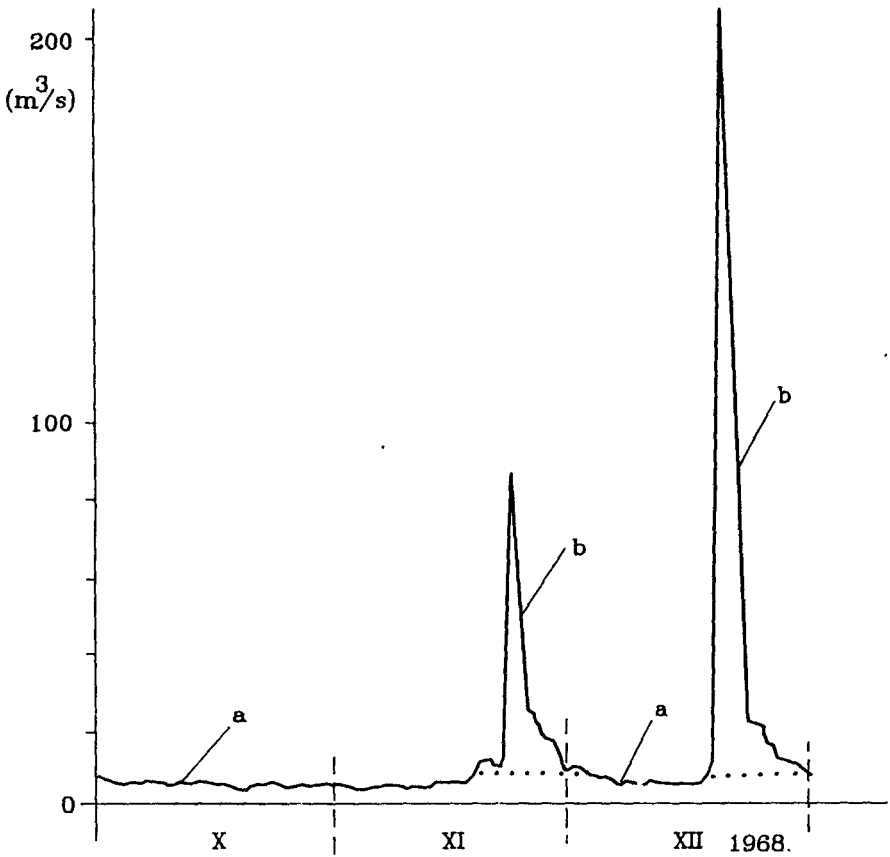
1. Границе између површинског и подземног отицаја

Hydrograph of mean daily discharge of the Ub river in Ub, 1982.

1. Dividing line between overland and groundwater runoff

С. друге стране, када се посматрају изоловани хидрограми са периодама трајања базног и надземног отицаја, уочавамо малу променљивост и временску постојаност подземног отицаја, на супрот површинском који се за само један час код мањих сливова може повећати неколико десетина пута. Влажење и пражњење сливова водом у тесној је вези са падавинама, зависи од њихове количине, времена појављивања (зими, лети), трајања (интензитета) и карактера падавина (кише, снега). Отуда су велике разлике у врховима поплавних таласа изазваних од падавина истих количина.

На ск. 2. је приказан један пример хидрограма Колубаре у Словцу у 1968. години на коме је у периоду 1. X-31. XII подземни отицај трајао око 45 дана (1. X-14. XI) и варирао је од 5,80 до 4,00 m^3/s да би појавом киша у трећој декади у новембру ($Q_{max} = 164 m^3/s$) и трећој декади децембра $Q_{max} = 260 m^3/s$) био повећан на вредност од око 10,0 m^3/s . Логичним продужењем криве хидрограма пре и после појава кише је метод који је најчешће примењиван у овом раду.



Ск. 2. - Део сложеног хидрограма са површинским и поземним отицајем на Колубари у Словцу у периоду X-XII 1968. године
 1. Подземни и 2. Површински отицај

A segment of a complex hydrograph of overland and groundwater runoff on the Kolubara river at Slovac in the period October-December 1968
 1. groundwater runoff 2. overland runoff

Као што се види, начин помоћу кога долазимо до двају компоненти укупног отицаја је доста дуг и гломазан. Ако би требало да добијемо просечни површински и подземни отицај за један дужи период, нпр., за 20 или 30 година, било би потребно за сваку годину сачинити хидрограм у виду графикона, графички га раздвојити и аналитички израчунати ове вредности. Међутим, према испитивањима у СССР-у [Група аутора, 1963.], ова метода је упрошћена тако што се уместо свих година одређеног низа узму четири по водности карактеристичне године и то: две средње влажне, затим по једна маловодна (сушна) и многоводна (веома влажана) година. Према истим ауторима, године по водности не морају да буду изабране само по средње годишњим протицајима, већ се мора гледати на распоред отицања унутар године (по сезонама и месецима). Такође, маловодна и многоводна година морају да одговарају годинама са протицајем вероватноће 75-80%, односно 20-25%. При избору карактеристичних година, нужно је још обратити пажњу на поузданост основних података о протицају, особито у периоду зимских и летњих малих вода. Испитивања су показала да је на основи четири изабране карактеристичне године (на већ приказан начин) могуће добити поуздане податке о надземном и базном отицају за вишегодишњи период.

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА У СЛИВУ КОЛУБАРЕ

Подаци о површинском и подземном отицају обрађени су на нивоу месечних и годишњих вредности (Таб. 1). Међутим, претходно ја дата оцена ваљаности података, јер се ради о величинама које нису добијене мерењима. За ове сврхе се користи више метода као што су: метод водног билансирања, корелације (између станица унутар слива или других сродних хидролошко-климатских величина), метод аналогije, проширене једначине биланса и др. У нашем случају употребили смо метод водног билансирања и корелације.

Метод водног билансирања - се најчешће користи у хидрологији, по коме се подаци у оквиру једног хидрографског система међусобно сумирају на матичној реци и њеним притокама од извора до ушћа реке. Услов је да протицај низводне станице мора бити већи од узводне за вредност прираштаја слива. У случају Колубаре подаци су контролисани на њеним карактеристичним хидрографским чвориштима, нпр. сума пропротицаја Обнице (Бело Поље) и Јабланице (Седларе) мора бити једнака протицају Колубаре у Ваљеву плус прилив воде из непос-

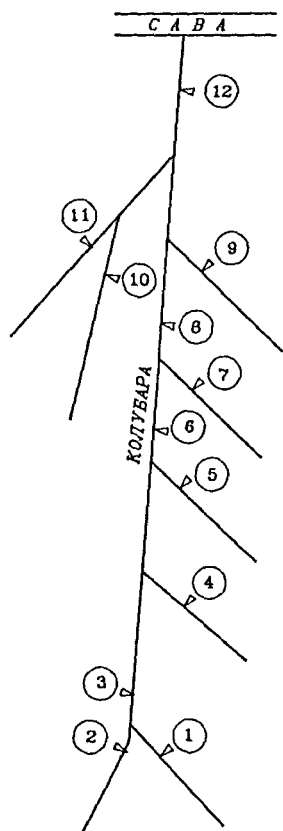
Таб. 1. - Површински и подземни отицај у сливу Колубаре
(m³/s) за период 1951-1985. година
Overland and ground water runoff in the Kolubara river
watershed (cu.m/s) for the period 1951-1985

Профил-река	J	Ф	M	A	M	J	J	A	C	O	H	Д	Год.
Јабланица-С	1,12	1,53	1,61	1,44	1,78	0,95	0,79	0,38	0,39	0,30	0,98	1,06	1,02
Седларе Ц	0,70	0,90	1,25	1,28	0,95	0,85	0,45	0,35	0,28	0,33	0,40	0,50	0,72
Обница-С	1,51	2,11	2,24	1,61	2,10	1,25	0,95	0,72	0,36	0,40	0,94	1,24	1,28
Б. Поље Ц	0,80	1,00	1,00	0,85	0,50	0,40	0,20	0,20	0,25	0,25	0,35	0,50	0,53
Колубара-С	2,44	3,82	4,08	3,54	4,62	2,48	1,31	0,80	0,64	0,72	1,75	2,63	2,40
Валево Ц	1,80	2,28	2,72	2,50	1,50	1,22	0,82	0,60	0,54	0,54	0,66	1,02	1,35
Градац-С	1,44	1,82	2,64	2,31	2,91	1,59	1,24	0,67	0,71	0,70	1,29	1,60	1,58
Цегушић Ц	1,50	1,80	2,20	2,20	1,85	1,40	1,10	0,90	0,78	0,78	0,82	1,20	1,38
Рибница-С	1,01	1,43	1,51	1,20	1,49	0,90	0,58	0,34	0,30	0,31	0,64	0,85	0,88
Паштрић Ц	0,35	0,50	0,70	0,66	0,50	0,32	0,22	0,15	0,15	0,20	0,23	0,38	0,36
Клоубара-С	5,70	9,60	10,2	8,90	10,5	5,20	3,60	2,19	2,00	1,80	3,80	5,20	5,72
Словац Ц	5,60	6,00	8,10	6,20	5,00	5,10	3,00	2,40	1,74	1,43	2,94	3,58	4,26
Љиг-С	4,41	8,20	8,40	5,27	5,56	4,68	1,82	1,13	1,03	1,08	2,04	3,48	3,93
Боговађа Ц	1,74	2,01	2,36	2,50	1,74	1,18	1,10	0,51	0,50	0,40	0,76	1,33	1,34
Колубара-С	11,5	22,2	21,2	16,2	16,5	12,1	6,80	3,74	3,51	3,13	7,00	10,2	11,1
Бели Брод Ц	7,80	9,20	11,0	9,00	7,00	6,50	4,30	3,00	2,30	2,00	4,00	6,00	6,00
Пештан-С	0,68	1,39	1,15	0,61	0,94	0,95	0,31	0,33	0,09	0,06	0,22	0,40	0,59
Зеоке Ц	0,18	0,30	0,32	0,20	0,13	0,12	0,11	0,08	0,08	0,08	0,10	0,20	0,16
Тамнава-С	1,96	2,90	3,06	1,21	1,25	1,10	0,62	0,21	0,31	0,30	0,97	1,71	1,29
Р. Мост Ц	0,55	0,92	0,65	1,10	0,45	0,35	0,28	0,15	0,16	0,16	0,30	0,55	0,47
Уб-С	0,96	2,16	1,74	0,77	1,24	0,83	0,51	0,18	0,08	0,19	0,45	0,88	0,83
Уб-Ц	0,45	0,56	0,62	0,52	0,25	0,20	0,15	0,14	0,15	0,17	0,25	0,40	0,32
Колубара-С	16,4	30,9	33,5	24,1	29,7	14,0	6,80	6,60	2,30	4,10	7,70	11,0	15,6
Дражевац Ц	9,90	12,7	14,0	12,0	8,50	7,70	5,00	3,80	2,80	2,80	5,00	8,50	7,70

S - површински отицај; Ц - подземни отицај.

редног слива између ових станица. Даље, протицај у Ваљево се сумира са протицајем Градца и Рибнице у усаглашавају са профилем Словац (Колубара), који је низводно од наведених река. Другим речима, кад је реч о подземном отицају, мора бити задовољен услов следећих једнакости:

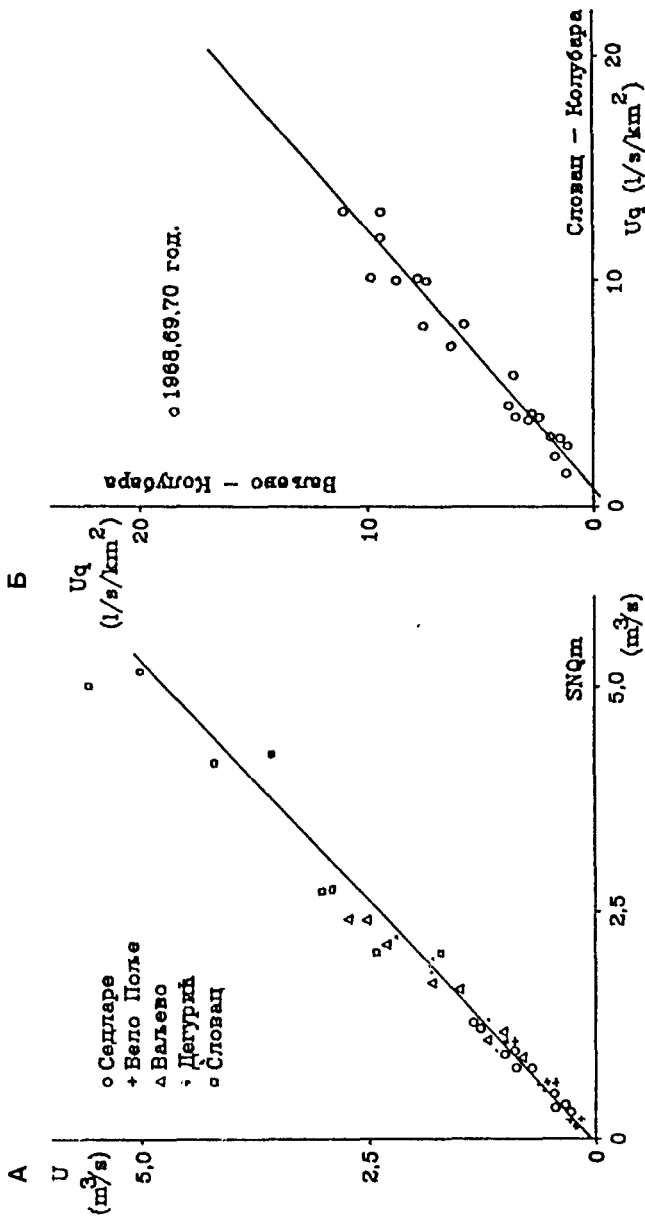
1. $U_1 + U_2 + \Delta U = U_3$ (хидроочвор Ваљево)
2. $U_3 + U_4 + U_5 + \Delta U = U_6$ (хидроочвор Словац)
3. $U_6 + U_7 + \Delta U = U_8$ (хидроочвор Бели Брод)
4. $U_8 + U_9 + U_{10} + U_{11} + \Delta U = U_{12}$ (хидроочвор Дражевац)



1. Седларе-Јабланица
2. Бело Поље-Обница
3. Ваљево-Колубара
4. Дегурић-Градац
5. Паштрић-Рибница
6. Словац-Колубара
7. Боговађа-Љиг
8. Бели Брод-Колубара
9. Зеоке-Пештан
10. УБ-УБ
11. Чеманов мост-Тамнава
12. Дражевац-Колубара

Ск. 3. - Шема распореда хидролошких станица и притока у сливу Колубаре

Water gauging stations and tributaries in the Kolubara river watershed



Ск. 4а. - Зависност средње месечног подземног отицаја (U) од средње месечног минималног протицаја ($SNQm$) у сливу јорње Колубаре (1951-85. године)

Ск. 4б. - Зависност специфичног отицаја подземних вода између ХС Валево и Словац на Колубари (1968, 1969, 1970. година)

a) Dependence of mean monthly groundwater run (U) on mean monthly minimum discharge ($SNQm$) in the headwaters of the Kolubara river (1951-1985)

b) Dependence of specific groundwater runoff between the HS Valjevo and Slovac on the Kolubara river (1968, 1969, 1970)

Ознака (U) је подземни отицај, а исти услови важе и за површински отицај (S), при чему бројеви у индексу означавају станицу чије је значење приказано на шеми распореда станица и притока у сливу Колубаре (ск. 3). Ознака ДУ је прилив подземног отицаја из непосредних слорова (између улазних и излазних профила). Према подацима из табеле 1. сума подземних вода Јабланице-Седларе (U_1) и Обнице-Бело Поље (U_2) је $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,72 + 0,53$), а Колубаре у Ваљево (U_3) је $1,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Разлика у протицају од $U=0,100 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1,35-1,25$) је из непосредног слива који износи $F=15 \text{ km}^2$ ($140+185-340$). Други услов једнакости је: $1,35+1,38+0,36=3,09+DU=4,53 \text{ m}^3/\text{s}$. U је у овом случају $4,53-3,09=1,44 \text{ m}^3/\text{s}$ и то је подземни прилив који дође у реку из дела слива између узводних станица и станице Словац, који износи $F=392 \text{ km}^2$ ($340+159+104-995$). Ови критеријуми испуњени су и за два друга услова једнакости све до ушћа Колубаре у Саву и важе не само за подземни, него и за површински и укупни отицај.

Други пример је метод корелације који се састоји у међусобној графичкој зависности S и U између станица у проучаваном сливу или са другим најсроднијим хидролошким подацима, нпр. са средње месечним минималним протицајем, или средње месечним протицајем. На ск. 4. су два примера корелативне везе, један (ск. 4а) који се односи на зависност подземног отицаја од средње месечног минималног протицаја за слив горње Колубаре, помоћу кога можемо добити S и U за друге реке на којима нису обрађиване ове вредности, као и реке на којима нема осматрања, док други пример (Ск.4б) на којем је зависност између специфичног отицаја подземних вода станица Ваљево и Словац, омогућава да се поред контроле података, још дају прогнозе отицаја у Словцу на основу података у Ваљево. Нпр. ако је у Ваљево $q_u=10,9 \text{ l/s/km}^2$ ($3,40 \text{ m}^3/\text{s}$), одговарајуће q_u у Словцу је $12,3 \text{ l/s/km}^2$ ($12,2 \text{ m}^3/\text{s}$), или ако је у Ваљево $q_u=2,00 \text{ l/s/km}^2$ ($0,68 \text{ m}^3/\text{s}$), онда је у Словцу $q_u=3,00 \text{ l/s/km}^2$ ($2,98 \text{ m}^3/\text{s}$). Примећује се, да се у овом случају добија веће q у Словцу него у Ваљево, што је последица утицаја реке Градца, чији је слив под карстом и који је најиздашнија река у сливу Колубаре ($18,6 \text{ l/s/km}^2$).

РЕЖИМ ПОВРШИНСКОГ И ПОДЗЕМНОГ ОТИЦАЈА

Од укупног протицаја Колубаре ($23,3 \text{ m}^3/\text{s}$) на површински отицај (S) долази $15,6 \text{ m}^3/\text{s}$ или 67%, а на подземни (U) $7,70 \text{ m}^3/\text{s}$, односно 33%. Дакле само једна трећина вода је пореклом из издани (извора), а две трећине од бујица и поплавних

таласа. Ово указује на бујичарски карактер режима Колубаре и њених притока. Идући према извору реке, ови односи су нешто повољнији и последица су већег прилива из подземља, па нпр. Јабланица има $U=41,4\%$, Градац $46,6\%$ (утицај карста), док су ове вредности јако редуковане код Тамнаве, која има $U=26,7\%$, Уб $27,8\%$, Љиг $25,4\%$ (утицај испаравања), док је површински отицај највећи на Пештану $S=78,7\%$, Љигу $74,6\%$ (Таб. 2).



Сл. 2. - Река Уб у Убу - код моста на путу за Ваљево
(фото. М. Оцокољић, 8. 8. 1991)

The Ub river in Ub - near the bridge on the road to Valjevo

Специфични отицај подземних вода на Колубари је $q=2,21 \text{ l/s/km}^2$, а површинских $q=4,29 \text{ l/s/km}^2$, у Ваљевоу је тај однос 3,97 према 7,06 l/s/km^2 , у Словцу 4,55 према 5,06, а највећи је у сливу Љига ($1,97:5,97 \text{ l/s/km}^2$).

Распоред отицаја током године је неповољан, јер се реке највише хране у пролеће, па су S и U највећи у марту, фебруару, априлу, док су најмањи у лето и јесен. Сем септембра и октобра, када је надземни отицај мањи од подземног у свим осталим месецима он је знатно већи од подземног (ск. 5).

Таб. 2. - Средње годишње вредности надземног, базног и укупног отицања у сливу Колубаре (1951-1985. година)

Mean annual values of overland, base and total runoff in the Kolubara river watershed (1951-1985).

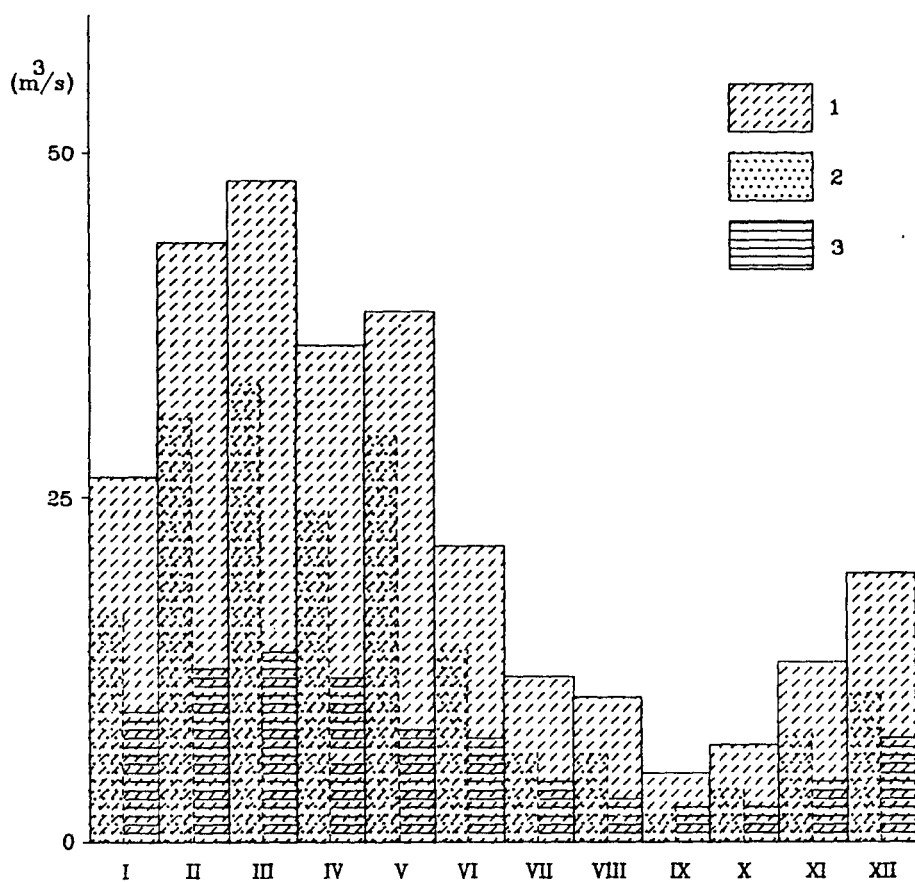
Река - профил	F	S	q	%	U	q	%	Q	q
Јабланица- Седларе	140	1,02	7,28	58,6	0,72	5,14	41,4	1,74	12,4
Обница- Б. Поље	185	1,28	69,2	72,3	0,53	2,88	30,0	1,77	9,5
Колубара- Ваљево	340	2,40	7,06	64,0	1,35	3,97	36,0	3,75	11,0
Градац- Дегурић	159	1,58	9,94	53,4	1,38	8,67	46,6	2,96	18,6
Рибница- Паштрић	104	0,88	8,46	71,0	0,36	3,46	29,0	1,24	11,9
Клоубара- Словац	995	5,72	5,75	57,4	4,26	4,28	42,6	10,0	10,0
Љиг- Боговађа	679	3,93	5,79	74,6	1,34	1,97	25,4	5,27	7,7
Колубара- Бели Брод	1869	11,1	5,88	65,0	6,00	3,21	35,0	17,2	9,2
Пештан- Зеоке	125	0,59	4,72	78,8	0,16	1,28	21,3	0,75	6,2
Њб- Њб	214	0,83	3,41	72,2	0,32	1,49	27,8	1,15	5,3
Тамнава- Ген. Мост	385	1,29	3,35	73,3	0,47	1,22	26,7	1,76	4,5
Колубара- Дражевац	3588	15,6	4,35	67,0	7,70	2,15	33,0	23,3	6,4

Напомена: S, U, Q - површински, подземни и укупни отицај (m^3/s), q - специфични отицај ($l/s/km^2$), F - површина слива (km^2)

У односу на укупно отицање (месечне вредности), подземни отицај је најмањи у пролеће, а највећи крајем и почетком јесени, док је код површинског обрнуто, највећи је у првој, а најмањи у другој половини године (таб. 3). Према годишњој вредности ($23,3 m^3/s$), U је мање током целе године, а S је веће у II, III, IV и V (ск. 6). Просечне месечне вредности S и U су у односу на њихову просечну годишњу вредност веће од I-V, а мање од VI-XII, а према укупном месечном отицају јако варирају и показују просторну и временску неравномерност прилива воде у реку, која је условљена утицајем различитих физичко-географских фактора слива. Колубара у Дражевцу ($F=3,588 km^2$) има у фебруару $S=71\%$, а $U=29\%$ месечног укупног отицаја, а у септембру је тај однос обрнут, $S=31\%$, а $U=69\%$. У профилу Ваљево ($F=340 km^2$) ови односи су нешто умањени па је $S=62,6\%$, $U=37,4\%$ (фебруар), а у септембру је $S=54,2\%$, $U=45,8\%$ (због утицаја карста и планинских одлика слива).

Таб. 3. - Месечне вредности надземног и базног отицаја у % од укупног месечног отицаја (Дражевац - Колубара)
 Monthly values of overland and base runoff, percent of the total monthly runoff (Drazevac - Kolubara)

	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д
S	62,4	70,9	70,5	66,7	77,7	64,5	57,6	63,5	31,4	49,3	60,6	51,3
И	37,6	29,1	29,5	33,3	22,3	35,5	42,4	36,5	68,6	50,7	39,4	48,7

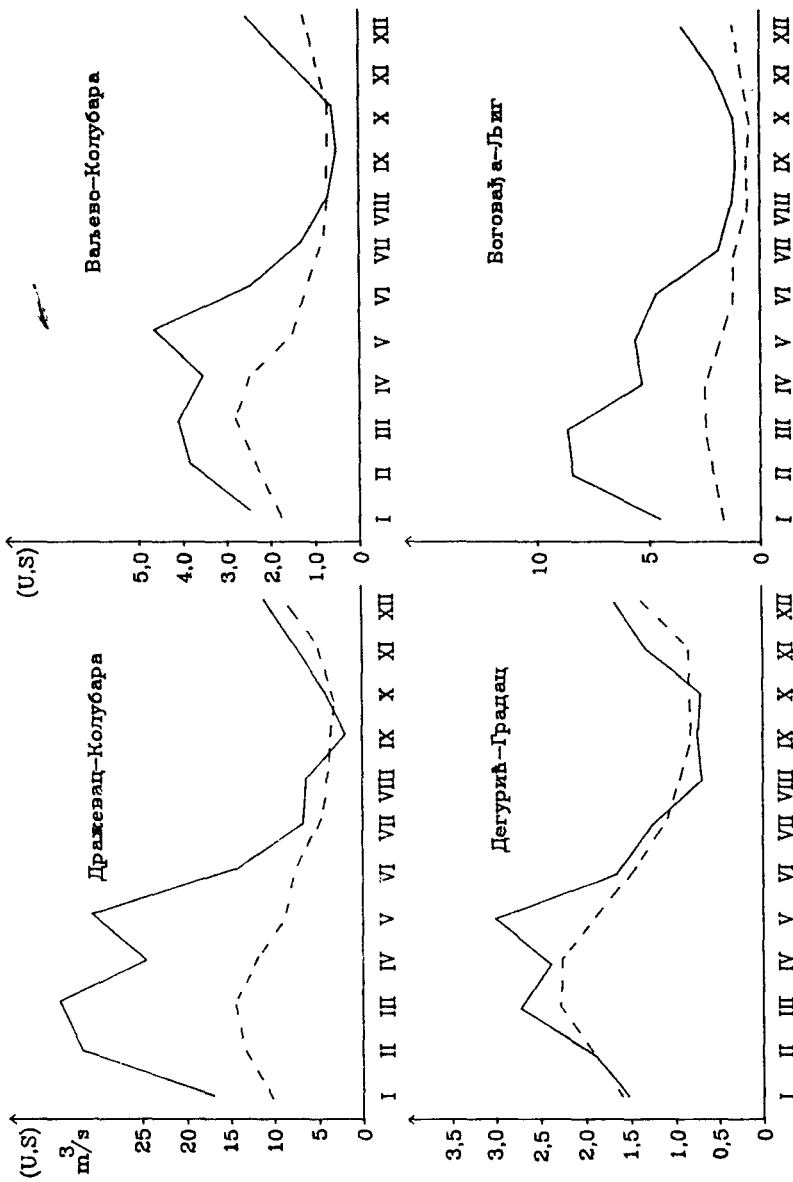


Ск. 5. - Хистограм укупног, површинског и подземног отицаја у сливу Колубаре

1. Укупни, 2. Површински и 3. Подземни отицај

Histogram of the total, overland and groundwater runoff in the Kolubara river watershed

1. Total, 2. overland and 3. groundwater runoff



Ск. 6. - Средњи месечни површински и подземни отицај у сливу Колубаре за период 1951-1985. године
 1. Површински и 2. Подземни отицај

Mean monthly overland and groundwater runoff in the Kolubara river watershed in the period 1951-1985
 1. overland 2. groundwater runoff

Разлике између S и U су све израженије идући ка ушћу реке па скоро све притоке Колубаре низводно од Лајковца имају у свим месецима стално мање U од S (ск. 6). Ако се Колубара упореди са Западном Моравом (до профила Краљево), на којој је проучен режим површинског и подземног отицаја [Оцокољић М., 1972.], постоје знатне разлике у режиму отицаја, Западна Морава је издашнија ($9,91 \text{ l/s/km}^2$) од Колубаре ($6,50 \text{ l/s/km}^2$), а разлике између S и U су знатно мање код З. Мораве и на ово највише утиче рељеф и климатски фактори. Средња надморска висина Западне Мораве у Краљеву ($F=4.721 \text{ km}^2$) је 620 m , а Колубаре у Дражевцу 273 m н.в. У сливу Колубаре је изнад 500 m н.в. само 365 km^2 (10%) површине, где се приближно формира око $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (25,8% укупног протицаја), док Западна Морава (пре ушћа Ибра) изнад 500 m н.в. има протицај од $37,0 \text{ m}^3/\text{s}$ или 80% њених укупних вода [Оцокољић М., 1989].

Но, међутим на овакве односе у сливу Колубаре и других река могао је да утиче нешто измењен распоред падавина у последњих 20 година. Одсуство дуготрајних зимских падавина, нарочито снежних, када се издан највише храни, утицао је на њено осиромашење, а тиме и до смањења базног отицаја, С друге стране, повећане летње падавине (пљусковите) утицале су на развој бујичних токова и до већег површинског прилива воде у реке. Према подацима м.с. Ваљево у периоду 1946-1985. годишње падавине су биле веће за 14% у периоду 1966/85. од периода 1946/65, са највећим повећањем у летњим месецима - у августу за 43%, јуну 42%, септембру 30,4%.

ВОДНИ БИЛАНС

Класична једначина водног биланса да су падавине једнаке суми отицаја и испаравања (просечна година), може се проширити увођењем чланова површинског и подземног отицаја. У том случају су падавине једнаке

$$P = S + U + E$$

Ако се сваки члан ове једначине подлели са падавинама (P) добија се израз

$$\frac{S}{P} + \frac{U}{P} + \frac{E}{P} = 1$$

где су S/P - коефицијент храњења река површинским водама, U/P - коефицијент храњења река подземним водама (у нашем случају унет је однос између подземног отицаја (U) и инфилтрације (W), E/P - коефицијент испаравања, мада се често користи и израз E/W . Односом W/P добијен је коефицијент ин-

филтрације (Ki), односно део падавина који се инфилтрира у земљиште, а W је одређено из збира $W=U+E$. Већина компоненти водног биланса израчуната је за слив Колубаре и приказана у таб. 4., при чему је ради лакшег поређења већина њих дата у mm. Средње падавине у сливу су одређене методом *изохијета*, обрадом падавина за период 1951-1985. године [СХМЗ, 1951.- 1985.].

Таб. 4. - *Водни биланс слива Колубаре (mm)*
за период 1951-1985. година
Water balance in the Kolubara river watershed (mm)
for the period 1951-1985.

Река - профил	F	P	Y	E	S	U	W	Cm	Cz	Ki	Ku
Јабланица- Седларе	140	958	392	566	230	162	728	0,41	0,59	0,76	0,22
Обница- Б. Поље	185	934	302	632	218	84	716	0,32	0,68	0,77	0,12
Колубара- Ваљево	340	938	347	591	223	124	715	0,37	0,63	0,76	0,17
Градац- Дегурић	159	987	587	400	313	274	674	0,59	0,41	0,68	0,41
Рибница- Паштрић	104	1004	375	629	266	109	738	0,37	0,63	0,74	0,15
Клоубара- Словац	995	913	317	596	181	136	732	0,35	0,65	0,80	0,19
Љиг- Боговађа	679	856	245	611	182	63	674	0,29	0,71	0,78	0,09
Колубара- Бели Брод	1869	888	290	598	185	105	703	0,33	0,67	0,79	0,15
Пештан- Зеоке	125	764	197	567	149	48	615	0,26	0,73	0,80	0,08
Турија- ушће	491	722	158	564	113	45	609	0,22	0,78	0,84	0,07
Таннава- Ђ. Мост	385	785	144	641	106	38	679	0,18	0,82	0,86	0,06
Таннава- ушће	929	763	117	646	85	32	678	0,15	0,86	0,89	0,05
Љб- Љб	214	783	169	614	108	61	675	0,22	0,78	0,86	0,09
Колубара- Дражевац	3588	818	205	613	137	68	681	0,25	0,75	0,83	0,10

Напомена: F - површина слива (km^2), P - средње падавине у сливу (mm), Y - висина отицаја (mm), E - испаравање (mm), S - површински отицај (mm), U - подземни отицај (mm), W - инфилтрација (mm), Cm - коефицијент отицања, Cz - коефицијент испаравања, Ki - коефицијент инфилтрације, Ku - коефицијент храњења река подземним водама.

Водни биланс слива Колубаре показује просторну и временску неуједначеност на коју највећим делом утичу рељеф, клима и геолошки састав. Од 818 mm воденог талога, колико се излучи на њен слив у просечној години, само 205 mm (25%) отиче, а 613 mm испарава. Од инфилтриране воде у земљиште ($W=681$ mm), 68 mm (10%) дотиче у реку (подземни отицај), а 631 mm користе биљке за производњу своје масе, то је део падавина који се евапотранспирацијом враћа у атмосферу. Скоро два пута више воде дође у Колубару брзим сливањем, у односу на постојани базни прилив. Компоненте водног биланса реке су знатно повољније у профилима Бели Брод, где је површина слива Колубаре два пута мања, затим у Словцу (995 km²) и Ваљеву (340 m²). Подземни отицај у Ваљеву и Словцу је за скоро два пута већи него у Дражевцу, а већи је износ отеклих падавина (преко 33%), а самим тим мање је испаравање (испод 65%).

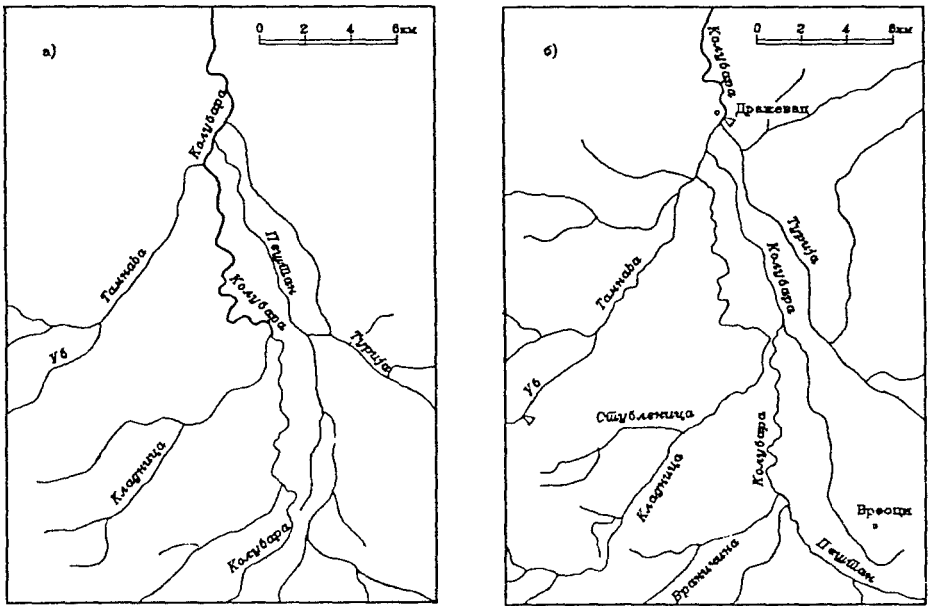
Од притока Колубаре, најповољније компоненте водног биланса има Градац, који се као десна притока улива у Ваљево, чији је слив са високим коефицијентом закаршћености, који делује као регулатор отицања, јер од укупних падавина, $P=987$ mm, отиче 587 mm (59%), а испарава 400 mm (41%), што је ређа појава међу рекама у Србији. Чак 41% од инфилтриране воде ($W=674$ mm) дотиче у реку, што је највећи износ у сливу Колубаре. После ушћа Градца повећава се специфична издашност подземних вода Колубаре.

Најнеповољнији водни биланс је на Тамнави, где само 15% падавина отиче, а 85% испарава. Веома је мали прилив воде из издани, свега 5% од инфилтрације, па је то најмањи износ у сливу Колубаре. Зато Тамнава и њене притоке пресушују, и ако је по површини слива највећа притока Колубаре (929 km²). Уб као десна и највећа притока Тамнаве има нешто повољнији режим од Тамнаве пре њеног ушћа, јер долази са Влашића, у односу на нижу Посавину, где је претежно развијен слив Тамнаве. Уб има висину отицаја $Y=169$ mm (22% P), испаравање $E=614$ mm (78% P), површински отицај (108 mm) је за 1,77 пута већи од подземног (61 mm), а само 9% W дотиче у реку, услед чега Уб са притокама у изразито сушним годинама пресушује

Турија је последња већа десна притока Колубаре у коју се улива код Дражевца са $F=491$ km². То је река са типичном асиметријом слива, развијеном на десној уз потпуно одсуство притока нма левој страни слива. Осматрања водостаја на Турији врше се у Јунковцу где је површина слива 148 km², а низводно до ушћа површина њеног слива се пове-

ћава за 3,32 пута. Вредности водног биланса које су добијене методом аналогије, дате су за ушће реке (Таб. 4) где је просечна $Q = 2,00 \text{ m}^3/\text{s}$ и $q = 4,07 \text{ l/s/km}^2$.

Пештан је десна притока Колубаре који долази са Букуље (696 m), а улива се код Вреоца. Пре регулације Колубаре, Пештан се уливао у Колубару код Дражевца са већом дужином реке и површином слива, а код Степојевца је примао Турију. После регулације Колубаре која је изведена пре 1965 године [Водопривредна организација, 1969] Колубара је код Вреоца уведена у корито Пештана, а њен стари ток са великим бројем меандара лево од Пештана је напуштен (ск.7). Ове промене у хидрографској мрежи доњег тока Колубаре нису се битније одразиле на промену режима реке.



Ск. 7. - Речна мрежа доњег тока Колубаре
1. Пре регулације и 2. После регулације тока

River network in the lower Kolubara River Basin
1. Before channelization 2. After channelization

Љи г је река чији је слив развијен у Колубарском басену и западној Шумадији. Водом најиздашнији делови слива су на падинама Букуље (698 m), Венчаца (659 m), Рудника (1132 m) и Сувобора (847 m). Највећа му је притока Качер који протиче кроз Белановицу, а улива се нешто низводно од места Љи г. У његовом горњ-

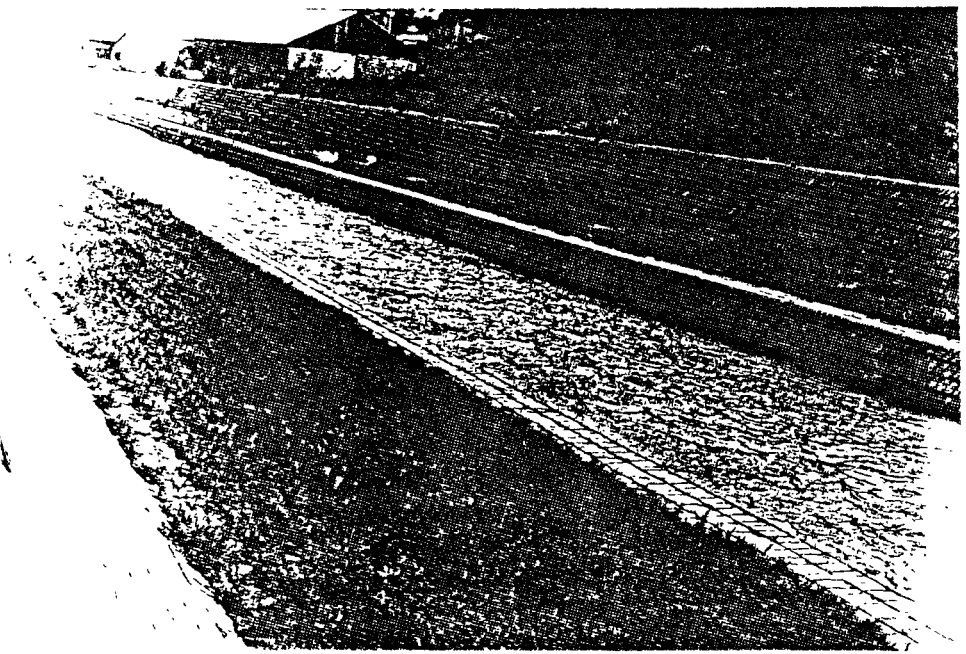
ем току изграђене су мање акумулације, које могу утицати на режим малих вода, односно на редукцију подземних вода, па се са тиме донекле може тумачити да је подземни отицај током целе године значајно мањи од површинског. Средње падавине у сливу су 856 mm, висина отицаја 245 mm, испаравање 611 mm.



Сл. 3. - Рибница код Мионице (фото. Д. Дукић, 2. 8. 1970)
The Ribnica river near Mionica

Рибница је већа десна притока Колубаре у коју се улива код места Дивци. Постаје од Пакљешнице и Манастирице на 300 m н.в. Од профила Паштраћ, где се врше хидролошка мерења и где је њена површина 104 km^2 па до ушћа она се повећа на 115 km^2 . У профилу Паштраћ водни билас реке је: $P=1004 \text{ mm}$, $Y=375 \text{ mm}$, $E=629 \text{ mm}$, $S=266 \text{ mm}$, $U=109 \text{ mm}$.

Јабланица и Обница су реке које дубоко залазе у планинске венце Медведника, Влашића и Повлена, где су падавине преко 950 mm, па је њихова издашност скоро три пута већа од Посаво-тамнавских река. Коефицијент храњења река подземним водама (K_u) је 22% код Јабланице, а 12% код Обнице, док је коефицијент храњења река површинским водама ($K_s=S/Y$) 59% (Јабланица) и 72% (Обница). Међутим, када се K_u изрази у однос на Y , а не на W како је у табели 4. израчунато, онда се K_u допуњује са K_s ($K_s+K_u=100\%$) и износи 41% у сливу Јабланице, а 28% на Обници.



Сл. 4. - *Регулисано корито Обнице код силоса у Ваљеву*
(фото. М. Оцокољић, 8. 8. 1991)
Regulated river stream of Obnica near silo in Valjevo

ПРИМЕНА РЕЗУЛТАТА

Прогноза отицања

Бројни су примери где се све могу применити резултати о надземном и базном отицању, почев од комплексног проучавања режима реке до вишенаменских коришћења вода. У нашем случају задржаћемо се на примеру заштите од сувишних вода, давањем прогноза и упозорења као једног од видова борбе против штетног деловања великих вода, које имају за циљ спасавање људства и имовине. Правовремене и ваљане прогнозе у овоме могу да пруже велику корист, међутим, свака хидролошка прогноза захтева студиозне анализе скоро сваког подводња, који се практично јављају у свим деловима године. Зато су неопходне израде хидролошких модела који укључују физичко-географске карактеристике слива, податке о падавинама и протицају.

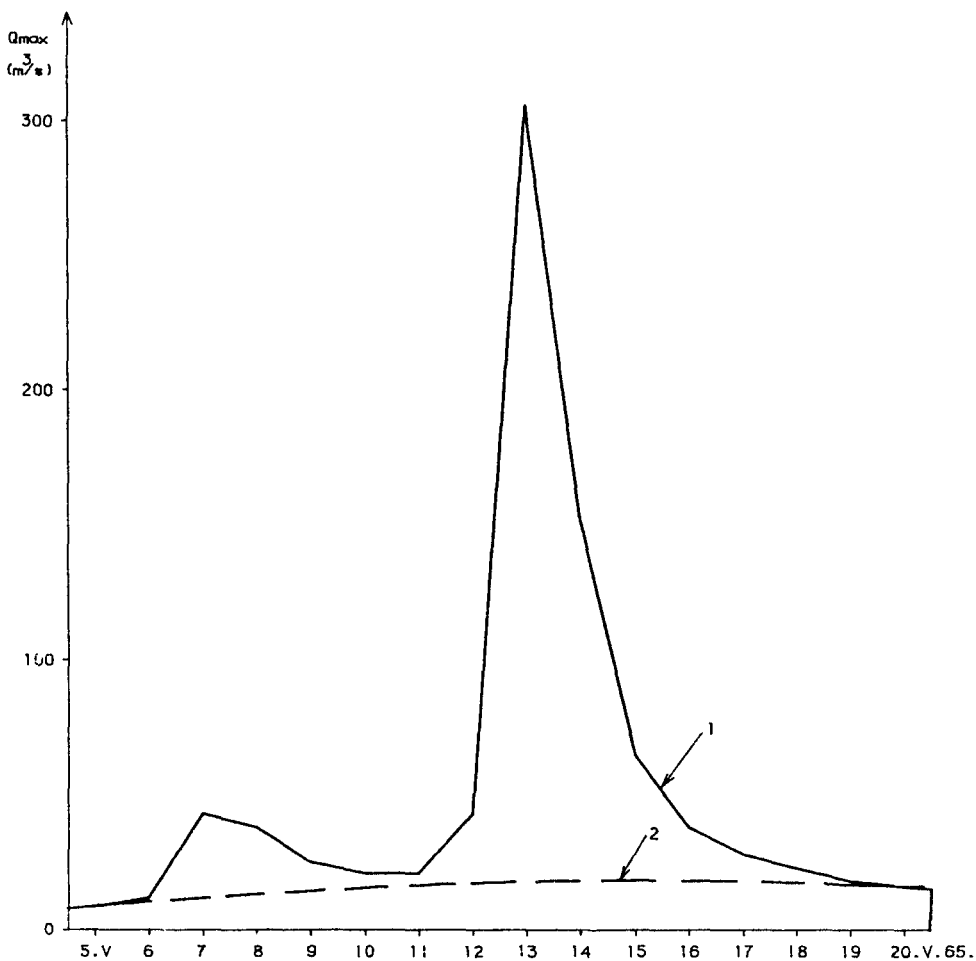
У профилу Словац, где је концентрација великих вода веома брза - условљена је положајем и обликом слива (најближи облику круга), у чијој се близини стичу планинске притоке Колубаре, највећа вода је била 13. 06. 1985. године и износила је $312 \text{ m}^3 / \text{s}$, затим 13. 05. 1965. и 18. 04. 1985. од 305 и $302 \text{ m}^3 / \text{s}$ [СХМЗ, 1951-1985.]. То су воде ретке учесталости појава, а најкарактеристичнија је велика вода из маја 1965. године, која је захватила многе сливове западне Србије, међу којима је најизраженији подводањ био у сливу Западне Мораве, на којој су забележене историјске максималне воде са просечном појавом једном у 100 година. У профилу Словац (995 km^2) анализирана је велика вода од 13. 05. 1965. године (ск. 8), када су у сливу за кратко време пале енормне количине падавина, које су се у неким местима кретале и преко 150 mm , нпр. у Поћутама 154 mm , Мајиновићима 159 mm . То су за 1,5 до 2 пута веће количине од просечних мајских падавина. Обрадом киша за период трајања таласа (5. V-20. V 1965), добијене су средње падавине за речне сливове горње Колубаре и то за Јабланицу (Седларе) $P=142 \text{ mm}$, Обницу (Б. Поље) $P=131 \text{ mm}$, Колубару (Ваљево) $P=136 \text{ mm}$, Градац (Дегурић) $P=141 \text{ mm}$, Рибницу (Паштрић) $P=137 \text{ mm}$ и Колубару (Словац) $P=116 \text{ mm}$. За исти период за профил Словац израчуната је запремина поплавног таласа (WQ) и запремина падавина (WP) са коефицијентом отицања (Cm), који је за скоро два пута већи од просечног годишњег $Cm=0,387$ (таб. 5).

Таб. 5. - Падавине и протицаји поплавног таласа на Колубари (Словац) за период 5. 05-20. 05. 1965. године

Precipitation and discharges of the flood wave on the Kolubara river (at Slovac) in the period 5.05-20.05.1965.

Река	F	Ps	WP	Q _{нах}	WQ	Cm
Колубара-Словац	995 km^2	116 mm	$115,42 \times 10^6 \text{ m}^3$	$305 \text{ m}^3 / \text{s}$	$81,56 \times 10^6 \text{ m}^3$	0,707

Применом односа из таб. 5. могуће је прогнозирати максималне воде за неке будуће подводње који ће се под сличним условима догодити у мају. За практични пример изабрали смо велику воду из маја 1979. године, тачније 13. V 1979. када је у сливу реке пало $89,3 \text{ mm}$ воденог таласа са трајањем поплавног таласа од 8. V - 22. V 1979. Односом падавина из 1965. ($Ps=116 \text{ mm}$) и из 1979. ($Ps=89,3 \text{ mm}$) добијен је коефицијент редук-



Ск. 8 - Талас велике воде за Колубару (Словац) за период
5.V-20.V 1965. године

1. Површински, 2. Подземни отицај

Flood water wave in the Kolubara river (Slovak) in the period
5.OS.-20.OS. 1965.

1. Overland runoff, 2. Groundwater runoff

ције $K=0,77$, који помножен са максималним протицајем из маја 1965. ($305 \text{ m}^3/\text{s}$) даје $Q_{\text{max}}=235 \text{ m}^3/\text{s}$, који се о осмотреног (13. V 1979) $Q_{\text{max}}=240 \text{ m}^3/\text{s}$ разликује за $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$, односно за 2,1%. Превођењем Q_{max} у H_{max} , добија се водостај од 378 cm са котом 125,37 m. Добијањем брзих информација о падавинама, могуће је давати прогнозе великих вода и у другим месецима у години при чему треба имати у виду да ће односи протицај-падавине бити сасвим други у летњим, јесењим или зимским месецима.

За подземне воде важи правило да су оне у тесној вези са минималним протицајима, па се њихова прогноза у суштини своди на прогнозу ових вода. За њих је битно да се дају годишње или чак вишегодишње прогнозе, при чему се морају узети у обзир и антропогени фактори који јако редукују мале воде, мада су оне у последњих 20 година под утицајем промена карактеристика климе, нпр., промене распореда падавина. Као пример наводимо значајно редуковање малих вода у другој половини године (VIII-XII), када је средњи пентадни протицај у 1971/75. $Q=4,09 \text{ m}^3/\text{s}$, 1976/80. $Q=3,37 \text{ m}^3/\text{s}$ и 1981/85. $Q=2,15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Словац-Колубара).

Овакав тренд опадања малих (подземних) вода могао би да се настави и у наредним годинама, тј. после пентаде 1981/85. То потврђују подаци 1986. и 1987. године у којима су мале воде за исти период (VIII-XII) $1,47 \text{ m}^3/\text{s}$, дакле знатно ниже од вредности пентадних средњака у периоду 1956-1985. година.

ЗАКЉУЧАК

Површински и подземни отицај су хидролошке величине које налазе све већу примену у хидролошким проучавањима режима наших река. Оне се не могу добити директно мерењима, али се анализом хидрограма средње дневних протицаја са доста довољном тачношћу могу да одреде и њихове вредности. Оне су за слив Колубаре проучене за период 1951-1985. на 12 профила, обрадом месечних и годишњих вредности са анализом режима и водног биланса и освртом на могућност прогнозирања површинског и подземног отицаја.

Констатоване су знатно веће вредности површинског у односу на подземни отицај, па Колубара и њене притоке имају особине бујичарских река. Највећи део вода протекне у виду поплава таласа, претежно у пролеће и зиму, мада се у новије време поплаве јављају у лето и јесен (зелене поплаве), када се пољопривреди наносе највеће штете. Уз овај проблем надовезује се и

стално осиромашење издани, што има за последицу све мањи прилив воде у реке, нарочито у лето, када су потребе за водом највеће.

Однос између надземног и базног отицаја на Колубари је веома неповољан. Од укупног протицаја реке ($23,3 \text{ m}^3/\text{s}$), на површински отицај дође $15,6 \text{ m}^3/\text{s}$ или 67%, а на подземни $7,70 \text{ m}^3/\text{s}$, односно 33%. Идући ка извору реке ови односи су нешто повољнији, па Колубара у профилу Словац има 42,6% базног и 67,4% надземног отицаја. Од притока Колубаре, најповољније односе S/U има Градац са U=46,6% и S=53,4%, док је базни отицај јако редукован код Таманве (26,7%), Уба (27,8%), Љига (25,4%), а површински отицај је највећи на Пештану (78,7%) и Љигу (74,6%).

Распоред отицања у току године је неповољан, јер су S и U највећи у марту, фебруару и априлу, а најмањи су у лето и јесен. Сем септембра и октобра, када је надземни отицај мањи од базног, у свим осталим месецима он је знатно већи од подземног. У односу на укупно месечно отицање, подземни отицај је најмањи у пролеће, а највећи крајем лета и почетком јесени, док је код површинског обрнуто, највећи је у првој половини, а најмањи у другој половини године. Према просечној годишњој вредности ($Q=23,3 \text{ m}^3/\text{s}$), базни отицај је мањи током целе године, док је надземни већи само у II, III, IV и V. У односу на просечне годишње вредности ($S=15,6 \text{ m}^3/\text{s}$ и $U=7,70 \text{ m}^3/\text{s}$), и површинским и подземним путем се слије највише воде од I-V, а неупоредиво мање од VI-XII.

Водни биланс слива Колубаре је неповољан, јер од укупних падавина (818 mm) колико се просечно излучи на њен слив, само 200 mm отиче, 613 mm испарава, 137 mm се директно слива у реке, а 68 mm дође у реку подземним приливом. У земљиште се инфилтрира просечно 681 mm, од чега 90% испарава (евапотранспирација) са коефицијентом испаравања од 75%, отицаја 25%, инфилтрације 83% и храњења река подземним водама 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Водопривредна организација Београд** (1969): *Хидрографска карта слива Колубаре, размере 1: 200.000* (архивски подаци). Београд
2. **Група ауторов** (1963): *Основы метода изучения водного баланса и его преобразований*. Географический институт Академии наук СССР, Москва.
3. **Дукић Д.** (1974): *Режим Колубаре и водопривредни проблеми у њеном сливу*. Глас ССЛXXXIX, Српска академија наука и уметности, Одељење природно-математичких наука књ. 36. Београд

4. **Оцокољић М.** (1971): *О односу између површинског и подземног отицаја у сливу Западне Мораве*. Архив магистарских радова, Одсек за географију ПМФ, Београд
5. **Оцокољић М.** (1972): *Режим површинског и подземног отицаја у сливу Западне Мораве*. Водопривреда, бр. 28. Југословенско друштво за одводњавање и наводњавање. Београд
6. **Оцокољић М.** (1987) *Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите*. Посебна издања, књ. 64. Српско географско друштво. Београд
7. **Савезни хидрометеоролошки завод (1951-1985):** *Хидролошки и метеоролошки годишњаци*. Београд

Summary

Miroslav Ocokoljić

SURFACE AND GROUND RUNOFF IN THE KOLUBARA RIVER-BASIN

Surface and ground runoff are hydrological values which are being increasingly applied in the hydrological study of regimes of our rivers. They cannot be obtained by direct measurements, but the analysis of hydrogramms of mean daily discharge may determine them rather precisely. For the Kolubara river-basin they were studied from 1951 to 1985 on 12 profiles, by the processing of monthly and yearly values, analyses of regime and water balance, and estimation of possibilities of predicting the surface and ground water runoff.

Significantly greater values of the surface runoff than of the ground one were recorded; thus we may say that the Kolubara and its tributaries have characteristics of torrential rivers. The greatest part of their waters flows as flood waves, specially in spring and winter, though times floods occurred as well in summer and autumn (green floods), when agriculture is undergoing very serious damages. This problem is followed by a constant impoverishing of groundwater, which results in a decreasing of water influx into the river, specially during the summer when the needs for water are the highest.

The ratio between the surface and underground runoff on the Kolubara is very unfavorable, from the total discharge of the river (23,3 m³/s), the surface runoff is 15,6 m³/s or 67%, and the underground 7,70 m³/s or 33%. Towards the source of river the ratio is more favourable (at the profile of Slovac, the ratio is 42,6% of underground to 67,4% of surface runoff). Of all the Kolubara tributaries, the most favourable S/U ratio has Gradac (U=46,6%, S=53,4%), while the underground runoff is very reduced in the Tamnava (26,7%), Ub (27,8%), Ljig (25,4%), and the surface is the biggest in Peštan (78,7%) and Ljig (74,6%).

The annual distribution of the runoff is unfavorable, because S and U have the greatest values in March, February, April, and the smallest in summer and autumn. Except in September and October, when the surface runoff is smaller than the underground, in all other months it is significantly bigger. Compared to total monthly runoff, the underground runoff is smallest in spring and biggest

in the end of summer and in the beginning of autumn, while the surface, vice versa, is biggest in the first half of the year and smallest in the second. Compared to the average annual value ($Q=23,4 \text{ m}^3/\text{s}$), the underground runoff is smaller during the whole year, while the surface one is bigger only in II, III, IV and V. Compared to the average annual values ($S=15,6 \text{ m}^3/\text{s}$ and $U=7,70 \text{ m}^3/\text{s}$), both surface and ground ways, the greatest amount of water inflows from January to May, and uncomparably smaller from June to December.

The water balance of the Kolubara river-basin is unfavorable, because of the total amount of precipitation (averagely 818 mm) only 200 mm flows, 613 mm evaporates, 137 mm is directly discharged into rivers, while 68 mm enters the river by ground influx. From 681 mm which the land infiltrates in the average, 90% evaporates (evapotranspiration) with the coefficient of evaporation 75%, of runoff 25%, of infiltration 83% and feeding of rivers by ground water of 10%.