

ВЛАДАН ДУЦИЋ
ЈУГОСЛАВ НИКОЛИЋ
СЛАВОЉУБ ДРАГИЋЕВИЋ*

ПРОМЕНЕ ПАРАМЕТАРА ПРОТИЦАЈА ДУНАВА КОД ХИДРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ ОРШАВА У ПЕРИОДУ 1841-2000[†]

Садржај: Циљ истраживања је био да се преко различитих параметара протицаја утврди да ли постоје дугопериодични трендови његових промена. Хидролошка станица Оршава је одабрана, не само због дужине низа већ и због поузданости осматрања. Анализом смо искључили могуће локалне и регионалне антропогене утицаје на протицај. За цео низ од 160 година трендови свих параметара протицаја на профилу Оршава показују да је дошло до несигнификантног повећања водности и смањења екстремности.

Кључне речи: Оршава, протицај, параметри протицаја, тренд.

Abstract: The aim of this investigation was to declare long-term trend of discharge, over its different parameters. Hydrological station Orsova is selected not just because of series' length but also reliabilities of observation. By analyzing data, we exclude possible local and regional anthropogenic influences on discharge. Trend analyzes of all parameters of Danube discharge near Orsova hydrological station in the period of 160 years show increase of discharge and decrease of extremeness.

Key words: Orsova, discharge, parameters of discharge, trend.

Увод

Поплаве у сливу Дунава у пролеће 2006. године, исто као и ранији маловодни период друге половине осамдесетих и почетком деведесетих година XX века су пробудили интересовање како грађанства тако и наше научне јавности. Дунав је 15. априла у свом средњем току кроз Мађарску превазишао апсолутне максимуме водостаја за последњих 111 година. Наредних дана су превазиђени и апсолутно максимални забележени водостаји Дунава низводно од Новог Сада кроз нашу земљу, превазилазећи досадашњи апсолутни максимум водостаја из 1981. Мотивисани овом чињеницом, желели смо да сагледамо да ли ове појаве представљају неку дугорочну тенденцију.

* Др Владан Дуцић, ванредни професор, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.

Др Југослав Николић, научни сарадник, Републички хидрометеоролошки завод, Београд Кнеза Вишеслава 66.

Мр Славољуб Драгићевић, асистент, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.

† Рад представља резултате истраживања пројекта 146005 које финансира Министарство науке и заштите животне средине Србије.

Основне карактеристике Дунава на профилу хидролошке станице Оршава

Естремне појаве у природи се јављају са одређеном вероватноћом понављања и зато би ради сигурније процене њихове реалне честине било пожељно посматрање што је могуће дужих и поузданијих низова хидрометеоролошких података.

Дунав је река са релативно већим бројем хидролошких станица са осматрањима дужим од 50 и више година. Ипак, најдужа осматрања су на румунској станици Оршава, која је радила од 1840-1972, односно до потапања језером од стране ХЕ "Ђердап". Након 1972 низ је допуњен подацима добијеним помоћу производње електричне енергије и мерењем преливних вода на брани у Кладову. На тај начин је формиран стопедесетогодишњи низ података о протицају у периоду 1840-1989[‡]. Сама хидролошка станица Оршава је једна од поузданих станица на Дунаву, јер се налази у Ђердапској клисури која је изграђена од стена, речно корито је постојано, а нема ни изливања великих вода (Оцокољић М., 1994).

Површина слива Дунава у профилу Оршава износи 576.232km² са котом "0" осматрања од 43,87m у односу на Јадранско море и 44,36m у односу на Црно море. Станица се налази на 955-ом километру тока Дунава од ушћа у Црно море. Ширина корита реке је до изградње Ђердапа I износила око 480m при малим водостајима.

Због дужине периода овај се низ сматра репрезентативним за изучавање режима реке и за хидроенергетска искоришћавања вода, а служи и као репер за проверавање репрезентативности краћих низова на другим већим рекама сличног режима.

Средње вишегодишњи протицај Дунава у сектору Ђердапа је $Q_s=5.456m^3/s$, и са стандардном девијацијом од $1.037m^3/s$ (Оцокољић М., 1998). Варијације протицаја Дунава су веома мале и у поменутом стопедесетогодишњем периоду коефицијент варијације годишњег протицаја (C_v) износи 0,17, док је коефицијент асиметрије криве расподеле протицаја $C_s=0,47$. За Дунав као велику реку се може рећи да има веома стабилан режим са веома малим променама протицаја, што је узроковано осим великим пространством слива, још и његовим комбинованим (мешовитим) режимом (Оцокољић М., 1994).

Водни режим Дунава условљен је комплексом природних појава у појединим деловима његовог великог слива. У изворишној области он има плувијално-нивални режим са максималним протицајима у фебруару, а минималним у августу и септембру. Под утицајем алпских притока, удео снежнице се повећава, да би након уливања Ина, Дунав стекао одлике и глацијалног режима, са највећим протицајима лети и најмањим зими, при чему такав режим задржава све до ушћа Тисе. Под њеним утицајем настају мање промене, а пошто код Београда прими Саву, водом најбогатију притоку, он опет стиче одлике плувијално-нивалног режима, али сада са највећим протицајима у априлу и мају, а најмањим у септембру и октобру (Гавриловић Љ., Дукић Д. 2002).

Између Дунава у Оршави и Саве у Митровици постоји подударност у флукуацијама укупних годишњих протицаја. Ово се објашњава чињеницом да Сава даје једну трећину вода Дунава у Оршави. А испољава истовремено и климатске карактеристике већег дела слива Дунава. Између Саве и Дунава, а делом и Дрине постоји јака коинциденција протицаја (Јевђевић В. 1955).

Дунав у свом доњем току нема константно повећање протицаја иако прима доста притока, које сразмерно њему имају мали протицај. На основу посматрања на четири профила (Регенсбург, Братислава, Мохач и Оршава) види се да је проценат

[‡] Период до 2000. допуњен је на основу података из размене са Румунском хидрометеоролошком службом.

стабилне компоненте протицаја висок. Његова средња годишња вредност је изнад 50% од укупног годишњег протицаја. Колебања током године износе од 52 до 86%.

Пажљива анализа хидрограма показује да се они по сличности могу поделити у две групе: прва обухвата слив Дунава до ушћа Тисе, друга Тису, Саву и станицу Оршава. Хидрограм Дунава у Оршави има већу сличност са хидрограмом Саве него са хидрограмом Тисе што се објашњава краћим растојањем и поменутиим већим уделом Саве у протицају (Пенчев П. 1986).

На основу свега изнетог може се сматрати да је хидролошки низ података за станицу Оршава дуг и поуздан и да одражава стање у сливу Дунава узводно од станице Оршава.

Локални и регионални антропогени утицаји на режим Дунава

Да би сагледали реалне дугорочне трендове, морали би прво да испитамо да ли постоје извесни локални и регионални антропогени утицаји на протицаје Дунава код Оршаве. У том смислу смо испитивали могуће утицаје наводњавања у сливу и сече шума. Посебно је разматран утицај изградње хидроелектране Ђердап I.

На основу података које даје Дукић, потпуно довршен, хидросистем Дунав-Тиса-Дунав може да наводњава 400.000ha земљишта. Овај хидросистем је "највећи у вансовјетском делу Европе", евакуише сувишну воду са површине од 1.076000ha, од чега 762.000ha у границама бивше СФРЈ (Дукић Д., 1982).

Дунав снабдева водом мелиорационе системе у Мађарској, Србији, Румунији, Бугарској и незнатно у Словачкој. Године 1970. у Подунављу се наводњавало 275.000ha. Пројекције за почетак 21. века су указивале да ће те површине достићи 2.645000ha, при чему би се у ту сврху из Дунава у вегетационом периоду узимало око 1.300m³/s воде, што би могло да има лоше утицаје на пловидбу и производњу електричне енергије (Гавриловић Љ., Дукић Д. 2002).

На први поглед, могло би се претпоставити да би наводњавање могло да има утицаја на протицаје Дунава јер се у случају ДТД ради о великом хидромелиорационом систему, који обухвата 931km великих пловних канала и преко 10.000km мањих.

На основу мишљења Бабовића и др. у Србији локални услови не омогућавају организовање интензивне и стабилне производње усева без наводњавања. Ипак, наводњавање овде никад није достигло завидан ниво, уместо тога, стагнира или чак назадује. Према односу наводњаване и укупне обрадиве површине Србија је на последњем месту у Европи (Бабовић Ј. и др., 2006).

Говорећи о трендовима у развоју наводњавања, поменути аутори тврде да је "Србија на последњем месту у Европи по укупној наводњаваној површини, која износи 180.000ha. Међутим, иригациони системи се користе са 50-60% свог капацитета. Процене су да се активно наводњава свега око 30.000ha" (Бабовић Ј. и др., 2006).

С обзиром да, како наводи Дукић, потпуно довршен, хидросистем Дунав-Тиса-Дунав може да наводњава 400.000ha земљишта, а да се активно наводњава свега око 30.000ha, основано се може претпоставити да наводњавање у сектору Дунава на нашој територији не би требало да има значајан утицај на протицај на профилу Оршава.

На основу података које даје Шикломанов (Шикломанов, 1989), смањење сумарног годишњег протицаја река под утицајем наводњавања ΔY_{op} за веће територије површине F може се приближно проценити на основу следеће формуле:

$$\Delta Y_{op} = M_{br} (1 - K_{vv}) F_{op} - \Delta P_{op} \alpha F$$

где је M_{br} -брutto норма наводњавања одређена за регион, K_{vv} -средња вредност повратних вода од наводњавања у процентима, F_{op} -површина под наводњавањем, ΔP_{op} -допунске падавине у региону условљене испаравањем са наводњаваног земљишта и α -средњи коефицијент годишњег протицаја за наводњавани регион.

Бруто норма наводњавања и средња вредност повратних вода зависе у великој мери од физичко-географских услова. Наравно, у Европи M_{br} је најмања на северу (300-900m³/ha). У јужним деловима Француске, Италије и Шпаније износи од 5.000-10.000m³/ha. Међутим, та вода није изгубљена јер се део враћа преко повратних вода. Процене су да повратне воде чине 25-35% од бруто норме наводњавања. То практично значи, да се око трећине искоришћене воде за наводњавање враћа у корито што утицај наводњавања у сливу Дунава на његов протицај још више умањује.

С друге стране, на основу података Шикломанова наводњавање у сливу утиче на снижавање водостаја лети и на увећање у јесен и зиму када вода дотиче из канала. То би значило да се утицај наводњавања примећује и у речном режиму. Међутим, до промене режима није дошло последњих деценија (наредни сегмент рада), ни након изградње Ђердапа I. Имајући све то у виду, може се сматрати да је утицај наводњавања на промене протицаја Дунава код профила Оршава безначајан.

Постоји још једна могућност локалног и регионалног антропогеног утицаја на промене протицаја, а то је могућа девастација шума у сливу. Овим проблемом се посебно бавио Шнитников (Шнитников, 1976). 54 у списку литературе

Наиме, он је на великом узорку проучавао могућу улогу антропогеног фактора у вековној еволуцији протицаја река. Констатује да се почев од прве половине XIX века у протицају низа европских река региструју знаци силазног тренда. Понегде је та тенденција била толико изражена да је привукла пажњу многих истраживача. Наводи истраживања Војејкова који је дошао до закључка проучавајући Волгу да је томе узрок сеча шума у сливу те реке.

Шнитников критикује методологију других истраживача који су дошли до закључка о смањењу водности река. Сматра да се они заснивају или на истраживањима појединачних сливова или се односе на краће периоде осматрања. Мишљења је да би требало ту појаву посматрати у дужим периодима и по већим сливовима. Не доводећи у питање чињеницу да "антропогени фактор игра у том процесу неку улогу" (следи серија цитираних аутора који то тврде), он ипак сматра да су у питању природни разлози.

Основа тенденције протицаја у многим подручјима, како у зонама недовољног, тако и онима прекомерног влажења су природни услови, неповољни у садашњем тренутку и у сагледивој будућности. Истовремено, постоји доста сливова, пре свега са високопланинским храњењем (Об са притокама, Рајна, Дунав) где се уочава обрнута тенденција, што је такође добро објашњиво природним процесима.

Дакле, Шнитников сматра да се промене протицаја Дунава могу објаснити природним процесима. С друге стране, поменуто "обрнута тенденција", односно повећање протицаја се ни по знаку промена не слаже са могућим утицајем сече шума на протицај, тако да се и овај могући регионални антропогени утицај на протицај Дунава може искључити.

Трећи могући антропогени утицај на протицај Дунава би могао да буде у вези са искоришћавањем хидроенергетског потенцијала. Водне снаге Дунава изnose 8.400MW и оне у средње влажној години располажу потенцијалом од 7.400GWh. Највише је хидроелектрана у горњем току Дунава, у Немачкој и Аустрији. Ипак,

најснажнија хидроелектрана на Дунаву је Ђердап I, снаге 2.270MW (Гавриловић Љ., Лукић Д., 2002).

После изградње акумулације водни режим Дунава није битно измењен, сем што је водостај повишен и уједначен. Највиши водостаји и даље се јављају у априлу, мају и јуну, а најнижи у октобру и новембру (Лукић Д., 2005).

У односу на природни режим средњи годишњи водостаји су у периоду 1971-1990 повећани од 31cm код Земуна до 345cm код Доњег Милановца. Амплитуде између највишег и најнижег средњег месечног водостаја су смањене. Запажа се повећање водостаја и смањење вредности амплитуда са приближавањем брани, осим на станици Доњи Милановац.

Средњи годишњи минимални водостаји повећани су на свим станицама у режиму успора, док са максимумима то није случај, они су чак и смањени.

Након стварања акумулације режим протицаја на водомерној станици Оршава није много измењен. Највиши и најнижи средњи месечни протицаји јављају се у истим месецима као и у природном режиму. Једина разлика је у томе што су вредности повећане, па је тако средња годишња вредност повећана за $425\text{m}^3/\text{s}$ (Лукић Д., 2005).

Из овога се може закључити да су протицаји Дунава након изградње Ђердапа I 1972. године постали повишени и уједначенији.

Анализа података добијених од Румунске хидрометеоролошке службе за ниске, средње и високе воде на профилу Оршава, за период 1941-2000 показују следеће: протицаји јесу повишени, али за цео низ. Наиме, интерполација података је урађена за уназад на основу података после 1972. године, ради свођења на исти ниво, тако да је постигнута условна хомогеност низа за период 1941-2000 (Табела у прилогу).

Посебно смо анализирали период 1941-1971 и 1972-2000, односно до и након изградње Ђердапа I. Што се тиче високих вода, протицаји су повећани за незнатних 0,1%, а протицаји средњих вода су смањени за 2,2% док су протицаји ниских вода смањени за 7,5%. Како високе воде чине 25%, средње 50% свих вода јасно је да се мале промене код 75% вода нису драстично одразиле на средње протицаје, који ће бити предмет наше обраде.

У оквиру анализе података у стопедесетогодишњем низу, Оцокољић је посебно тестирао период 1972-1989. (19 година) за време рада хидроелектране Ђердап I, за коју су подаци, како је раније наведено, добијени помоћу производње електричне енергије и мерењем висине воде на преливним праговима. За тај период, средњи годишњи протицај је износио $5.586\text{m}^3/\text{s}$, који се разликује од вишегодишњег за свега 2,3% (Оцокољић М., 1994).

Закључујући овај сегмент рада можемо констатовати да наводњавање у средњем делу слива Дунава није могло да има значајнији утицај на протицаје на профилу Оршава. Евентуални утицај сече шума се по знаку промена не слаже са претпоставком о утицају овог фактора на протицаје. Након изградње хидроелектране Ђердап I дошло је до извесних промена у протицајима, али су те промене релативно мале.

Методологија истраживања

У издвајању елемената протицаја пошли смо од Оцокољићевих података свих средњих годишњих протицаја за период од 1841. до 1989. године.

Користићи расподелу Pearson III он је, све годишње протицаје Дунава код Оршаве изразио помоћу криве вероватноће. Она је дефинисана средњом аритметичком вредношћу од $5.456\text{m}^3/\text{s}$, и поменути $C_v=0,17$, односно $C_s=0,47$.

Најбољим избором C_s потврђено је правилно груписање тачака око теоријске криве вероватноће, са обухваћеном амплитудом од најнижих до највиших вредности што је било могуће с обзиром на дужину осматраног периода.

Као критеријум за рангирање година по водности усвојено је да све године средње водности буду у границама од 25-75%, сушне (маловодне) од 75,1-95%, веома сушне од 95,1-99% и катастрофално сушне од 99,1-99,9%. Градација влажних година би ишла сличним редом, односно водна година би била означена у распону појављивања од 25,0-5,1%, веома водна од 5,0-1,1% и катастрофално водна од 1,0-0,01% (Оцокољић М., 1994).

Полазећи од Оцокољићевих података, направили смо нову базу и то тако што смо катастрофално сушне и веома сушне прикључили сушним годинама (маловодним) с једне стране, а веома водне и катастрофално водне прикључили водним са друге. То је урађено зато што је број екстремних година био мали (17). На тај начин, нашом методологијом обухваћене су све године по статистичком критеријуму унутар доњих и горњих квантила.

Овако формирана база података обухвата 38 сушних (маловодних) и 42 влажну (водну) годину. У анализу такође смо укључили средње водне године (80).

Осим тога, увели смо и параметар "индекс водности" (индекс водности=број водних година / (број водних + број маловодних)). Индекс водности би требало да реалније покаже у којој мери те године доминирају у односу на маловодне године. Док су маловодне и водне године јаснији одраз доминације антициклонских и циклонских типова времена, дотле су средње водне године мешавина утицаја синоптичке ситуације. По нашем мишљењу, индекс водности јасно осликава релативну доминацију водних година, искључујући средње водне године из прорачуна и тиме јасније указује на синоптичке узроке промена водности.

Поред тога у анализу смо узели и "индекс екстремности". Овај индекс смо добили тако што смо укупан број маловодних и водних година по декади, по нашој класификацији, поделили са 10. Он је инверзан броју средње водних година подељених са 10. Индексом екстремности смо хтели да сагледамо да ли је у променама протицаја Дунава дошло до промена честине екстремних протицаја.

Имајући у виду све изнете промене Оцокољићева базе података наша новоформирана база са свим новим елементима протицаја, односно хидролошким показатељима) је приложена у Табели 1.

Нова расподела маловодних, водних и средње водних година омогућава нам још једну промену могућег утицаја изградње Ђердапа I на расподелу година по квантилима. Искористили смо податке из табеле у прилогу који се односе на средње протицаје, у складу са структуром података које смо већ користили за наше рангирање годишњих протицаја. Коефицијенти корелације између појединих параметара водности по декадама добијених на овај начин са нашим подацима се крећу од 0,93 до 0,96 за период 1941-2000. Распоред броја година одређених параметара водности за период 1971-2000 је идентичан. То значи да су наши подаци потпуно поуздани и адекватни подацима Хидрометеоролошке службе Румуније. Разлика је једино у томе што је због хомогености, низ података румунске ХМС редукован на нови ниво, након изградње Ђердапа I до 1941. Због тога су вредности протицаја више од наших, јер смо ми нове податке, после 1971. због много дужег низа прилагодили изворним вредностима. Метод квантила није регистровао као одступање ни пад од 7,5% за ниске воде као екстрем, тако да се то није одразило на структуру података за одређене категорије протицаја.

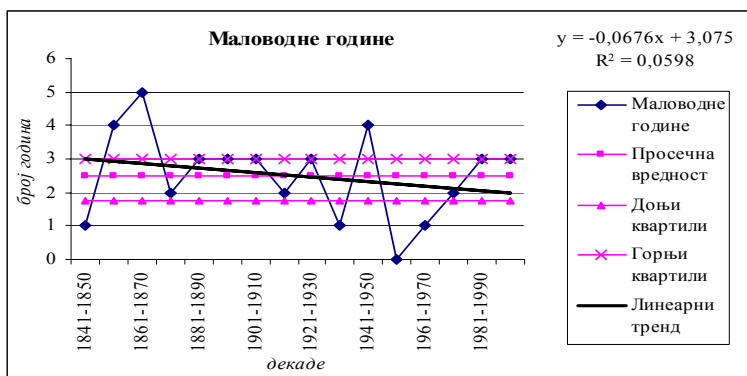
Табела 1. Вредности хидролошких параметара на хидролошкој станици Оршава

декаде	маловодне године	водне године	средње водне године	индекс водности	индекс екстрем.	протицај (m ³ /s)
1841-1850	1	4	5	0,8	0,5	5723
1851-1860	4	4	2	0,5	0,8	5474
1861-1870	5	1	4	0,17	0,6	4758
1871-1880	2	4	4	0,67	0,6	5645
1881-1890	3	1	6	0,25	0,4	5246
1891-1900	3	3	4	0,5	0,6	5287
1901-1910	3	1	6	0,25	0,4	5244
1911-1920	2	5	3	0,71	0,7	6019
1921-1930	3	2	5	0,4	0,5	5305
1931-1940	1	2	7	0,67	0,3	5696
1941-1950	4	3	3	0,43	0,7	5151
1951-1960	0	1	9	1	0,1	5458
1961-1970	1	4	5	0,8	0,5	5855
1971-1980	2	5	3	0,71	0,7	5680
1981-1990	3	1	6	0,25	0,4	5318
1991-2000	3	1	6	0,25	0,4	5314
просек	2,5	2,6	4,9	0,52	0,5	5448

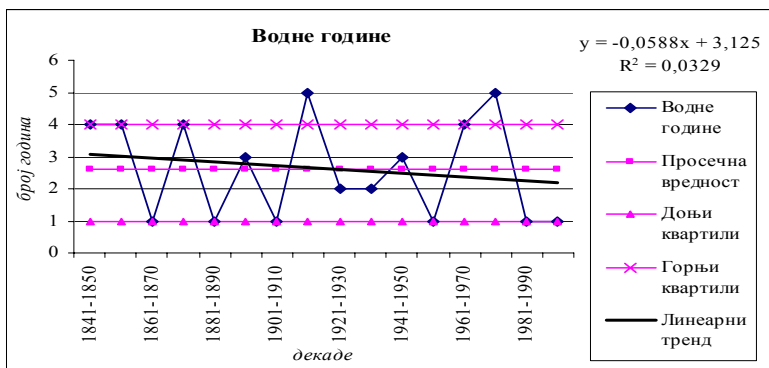
На тај начин, користећи метод кватила за рангирање година по водности, утицај изградње Ђердапа I на протицаје је релативизован, јер сам метод није довољно "осетљив" на уочене мале промене.

Добијени резултати и тумачења

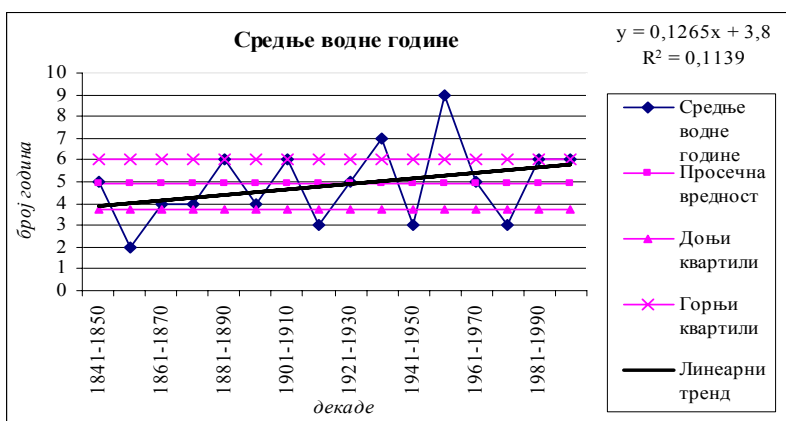
Полазећи од података из табеле 1. урадили смо прорачун линеарног тренда за сваки од хидролошких показатеља за период 1841-2000 по декадама. Резултати су приказани на графиконима 1-6.



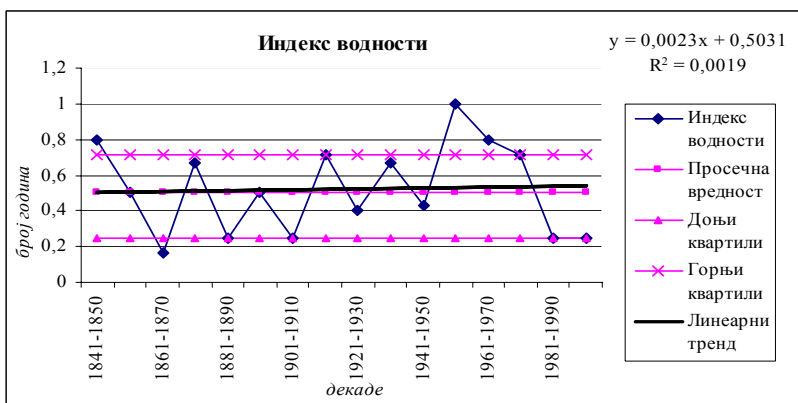
Графикон 1. Број маловодних година по декади на хидролошкој станици Оршава



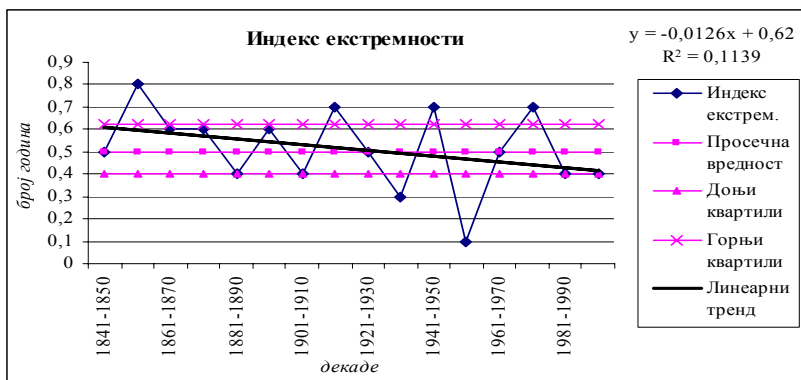
Графикон 2. Број водних година по декади на хидролошкој станици Оршава



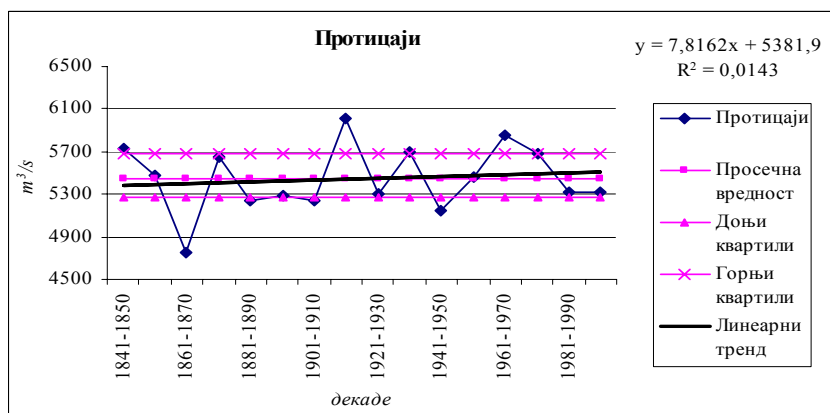
Графикон 3. Број средње водних година по декади на хидролошкој станици Оршава



Графикон 4. Индекс водности по декади на хидролошкој станици Оршава



Графикон 5. Индекс екстремности по декади на хидролошкој станици Оршава



Графикон 6. Протицаји по декади на хидролошкој станици Оршава

Пре било каквог тумачења добијених резултата, требало би проверити статистичку сигнификантност линеарног тренда за све хидролошке показатеље протицаја.

Статистичка сигнификантност линеарног тренда је одређивана на основу броја елемената низа ($n-2$) и коефицијента детерминације (R^2 , приложен на графиконима). Коришћен је **t тест** по формули:

$$t = R \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}}$$

За степен слободе 14 ($n-2$ елемената) и ниво вероватноће ризика 0,10 у табlici граничних вредности t теста, теоријска вредност сигнификантности износи 1,761. Распон добијених вредности на основу формуле се креће од 0,163 за индекс водности до 1,341 за средње водне године и индекс екстремности. То значи да ниједна вредност линеарног тренда није статистички сигнификантна.

Имајући у виду добијене, несигнификантне резултате значајности линеарног тренда, користили смо, и непараметарски Мен-Кендалов тест. Наиме, он је мање захтеван у погледу сигнификантности јер не подразумева линеарност тренда.

Као што се види у табели 2. ни Мен-Кендалов тест не показује сигнификантност ни за једну временску серију, за дужину низа од 16 елемената.

Табела 2. Мен-Кендалов тест присутности тренда и Сенова оцена нагиба

Временске серије	Број елемената (n)	Мен-Кендалова тест статистика (Z)	Сенова оцена нагиба (Q)	Значајност
маловодне године	16	-0,7	0	Не
водне године	16	-0,61	0	Не
средње водне године	16	1,19	0,127	Не
индекс водности	16	0,14	0	Не
индекс екстремности	16	-1,19	-0,013	Не
протицаји	16	0,27	0	Не

Једном речју, строго математички гледано, промене протицаја Дунава код Оршаве као и осталих хидролошких показатеља за период од 160 година (1841-2000) се могу сматрати статистички незнатним. Па ипак, иако су промене статистички несигнификантне, оне постоје и дефинисане су одређеним вредностима (поменутих 0,163-1,341) и подложне су тумачењима.

Полазећи од тога, анализа графикана показује да се у поменутом периоду број маловодних година смањује, што асоцира на повећање водности. Међутим, и број водних година се такође смањује, што је на први поглед нелогично. Али, када се у анализу укључи и промена средње водних година види се да је ту дошло до пораста. То објашњава привидну нелогичност смањења маловодних и водних година. Повећање броја средње водних година указује и на то да је дошло до уједначавања протицаја.

Индекс водности показује пораст, што значи да је промена водности дошло због повећања удела водних у односу на маловодне године. Индекс екстремности се смањује, у складу са повећањем броја средње водних година. Што се тиче самих протицаја, они су повећани.

Закључујући ову анализу можемо рећи следеће: промене свих хидролошких показатеља Дунава код Оршаве за период 1841-2000 указују на то да се протицај Дунава повећао и да је постао мање екстреман, али да су те промене статистички несигнификантне.

Користећи метод линеарног тренда Исаиловић и Срна[§] су утврдили статистички сигнификантно смањење протицаја на неколико речних профила у Србији, за период од 64 године. Међутим, подаци за период од 164 године протицаја код Оршаве показују да нема статистички сигнификантног тренда. Имајући то у виду ови аутори су закључили да "последњи сушни период који је почео 1982. године, не може бити у потпуности приписан климатским променама, изазваним антропогеним фактором. Највероватније се ради о комбинацији климатских промена и дугорочних климатских колебања".

Анализирајући просторне и временске варијације протицаја "главних светских река" током XIX и XX века Пекарова и други констатују да у периоду 1860-1990 у протицајима река у западној и централној Европи нису регистровани

[§] www.jcermi.co.yu/english/projects/emon2.pdf

дугопериодични трендови. Посебно анализирајући протицаје Рајне код Келна (од 1816) и Дунава код Оршаве (од 1840), констатују да су обе реке у великој мери под утицајем Алпа и да су њихови дугопериодични трендови веома слични, као и да се у целом периоду осматрања не примећују сигнификантне промене (Pečarova i dr, 2003).

Испитујући промене суспендованог наноса Walling и Fang такође анализирају и промене протицаја. Од 145 "главних светских река", код њих 100 се не запажају сигнификантне промене, па ни на Дунаву на посматраном профилу Исмаил у Румунији (Walling, Fang, 2003).

Lins и Slack су истраживали секуларне трендове на 395 "климатски-осетљивих" водомерних станица у САД, користећи непараметарски Мен Кендалов тест. Тумачећи добијене резултате кажу да "хидролошки гледано, САД постају влажније и мање екстремне" (Lins, Slack, 1999). Ови резултати су истоветни са онима које смо ми добили, што указује на могуће глобалне трендове протицаја.

На основу података GRDC (Global Runoff Data Centre) Kundzewicz и други за 195 дугих низова дневних протицаја, претежно река са малим сливовима констатују да 137 временских серија не показује никакве сигнификантне промене. "Штавише протицаји показују изражену природну варијабилност и дугопериодичну стабилност које потврђују резултати анализе тренда и тестови сигнификантности" (Kundzewicz i dr., 2005).

Истражујући на основу историјских података, поплаве Лабе и Одре до XI века Mudelsee и други су утврдили да "нема сигнификантног тренда поплава у XX веку. У последњих 80 до 150 година дошло је до смањења зимских поплава, док летње поплаве немају тренд, у складу са променама падавина" (Mudelsee, 2004).

На основу историјских података, као и на основу података за падавине за Аустрију и Јужну Немачку урађен је покушај реконструкције протицаја Дунава до 1731. године по пентадама и декадама за хидролошку станицу Оршава. Резултати показују да је најсувља декада била 1831-1840, док је протицај у декади 1981-1990, за коју се сумњало на глобални антропогени утицај, у потпуности у границама средњих вредности целе серије (Дуцић, 2005).

Закључак

У раду су посматране промене протицаја Дунава као и његови параметри (маловодне, водне и средње водне, индекс водности и индекс екстремности) на хидролошкој станици Оршава за период 1841-2000. Закључено је да је Дунав постао воднији, а протицаји мање екстремни, али и да су трендови статистички несигнификантни.

С обзиром да су и искључене или релативизоване евентуалне антропогене промене у сливу, трендови се могу сматрати непоремећеним и поузданим. Наведени су и примери из света на великом узорку и дугим низовима који поткрепљују наше резултате.

Више аутора доводи у везу промене протицаја са природним колебањима. У том смислу је интересантна прогноза Пекарове и Пекара. Наиме, они су методом стохастичког моделовања (користећи хармонијску анализу и Бокс-Џенкисов метод) дали дугорочну прогнозу протицаја Дунава на профилу Турну-Северин. Прогноза дата 2004. је била да се локални максимум протицаја може очекивати у периоду 2004-2006. Поплаве 2006. године су оправдале ову прогнозу.

ЛИТЕРАТУРА

- Оцокољић М. (1994). **Цикличност сушних и водних периода у Србији**. Српска Академија наука и уметности. Географски институт "Јован Цвијић", Посебна издања, књига 41, Београд.
- Гавриловић Љ., Дукић Д. (2002). **Реке Србије**. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Јевђевић В. (1955). **Методe изучавања водних снага**. Хидротехнички институт "Јарослав Черни", Београд.
- Дукић Д. (1982). **Хидрологија копно**. Научна књига, Београд.
- Babovic J., Milic S., Radojevic V. (2006) **Irrigation Effects in Plant Production in Serbia & Montenegro**. Balwois-Conference on water observation and information system for decision support, Ohrid.
- Оцокољић М. (1998). **Меродавни хидролошки низови**. Гласник СГД, свеска LXXVIII, број 1, Београд.
- Пенчев П. (1986). **Значај утицаја антропогенних промена на режим протичаја река за хидролошке прогнозе у доњем току Дунава**. Гласник СГД, свеска LXVI, број 1, Београд
- Лукић Д. (2005). **Ђердапска клисура**. Посебна издања СГД, Београд.
- Шикломанов И. А. (1989). **Влияние хозяйственной деятельности на речной сток**. Гидрометеоздат, Ленинград.
- Шнитников А.Б. (1976). **Вековая эволюция рек её природные и антропогенные тенденции**. Международная география '76 (XXIII International Geographical Congress), серия 2, Климатология, гидрология, гляциология, Москва.
- Pekarova I dr. (2003). **Spatial and temporal runoff oscillation analyses of the main rivers of the world during the 19th-20th century**. Journal of Hydrology, Volume 274, Issues 1-4.
- Walling D.E. i Fang D. (2003). **Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers**. Global and Planetary Change 39.
- Kundzewicz Z.W. (2005). **Trend detection in river flow series: 1. Annual maximum flow**. Hydrological Sciences Journal, Volume 50, Issue 5.
- Mudelsee M. (2004). **Five Hundred Years of Extreme Floods in Central Europe**. Journal of Geophysical Research 109.
- Ducic V. (2005). **Reconstruction of Danube discharge on Hydrological Station Orsova in Pre-Instrumental Period (Possible Causes of Fluctuation)**. Physical Geography of Serbia, Volume 2, Belgrade.
- Pekarova P., Pekar J. (2005). **Long-term discharge prediction for the Turnu-Severin station (the Danube) using linear autoregressive model**. Hydrological Processes, Volume 20, Issue 5.

VLADAN DUCIĆ
JUGOSLAV NIKOLIĆ
SLAVOLJUB DRAGIĆEVIĆ

Summary

Hydrological station Orsova was suitable for this investigation because its long series and undoubted data of discharge. It is shown that the biggest hydro-system Danube-Tisza-Danube (in Europe without Russia) has no influence on Danube discharge near Orsova, as well as forest devastation. Influence of hydroelectric power station Djerdap I is relatively small, which means that discharge is not essentially changed by local and regional anthropogenic factors.

We used data for averaged annual discharge between 1841 and 2000. Using of quartile method we classified them in few categories (low-flow, high-flow and average-flow) and arranged values as decadal. Flow Index is also given, as parameter of high-flow domination in relation to low-flow, as well as Extreme Index which presents total number of low-flow and high-flow years per decade.

In the period 1841-2000 Danube discharge near Orsova hydrological station, became wetter and less extreme. However, trends of these parameters are statistically insignificant according to linear and Man-Kendall tests. Similar results from the other authors are also given.