

ВЛАДАН ДУЦИЋ¹
ЈЕЛЕНА ЛУКОВИЋ²

КОЛЕБАЊЕ ПРОТИЦАЈА НИШАВЕ У СКЛОПУ ГЛОБАЛНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

Извод: Нишава је највећа притока Јужне Мораве дужине 248 km, од чега у Србији 151 km. На годишњем нивоу се на сва три хидролошка профила (Пирот, Бела Паланка и Ниш) у посматраном периоду (1961-2000) уочава пад протицаја. То би било у складу са тврдњама IPCC-а о доминантном утицају антропогеног ефекта стаклене баште на смањење падавина и протицаја река у Србији. Међутим, на подручју слива Нишаве је у другој половини XX века дошло до пада температуре ваздуха. На станици Димитровград, у горњем делу слива, периоду од 1949. до 2007. тренд годишње температуре износи $-0,0049^{\circ}\text{C}$ по години, што се не уклапа у концепт доминације антропогеног ефекта стаклене баште. И тренд падавина у том периоду мења знак од негативног ка позитивном (0.1175mm по години), тако да се ни он не уклапа у концепт доминације глобалног антропогеног утицаја по регионалним моделима IPCC-а. С тим у вези, и у пројекцијама евентуалних промена климе у будућности треба приступити комплексније, имајућу у виду све потенцијалне климатске факторе.

Кључне речи: Нишава, протицај, климатске промене

Увод

Климатска колебања последњих деценија изазивају пажњу медија и научне јавности. У први план избијају катастрофичка виђења будућих промена климе, као ужарене и безводне планете. Полазећи од забринутости научне јавности, а на основу вишегодишњих истраживања, Међувладин панел за климатске промене (IPCC), је Четвртом извештају (2007)³ закључио да су климатске промене у другој половини 20. века под доминантним антропогеним утицајем. Мисли се, пре свега, на емисију гасова са ефектом стаклене баште, насталих сагоревањем фосилних горива. То је по IPCC-у довело до пораста глобалне температуре и интензификације глобалног хидролошког циклуса.

Labat и сарадници (2004) су анализирали утицај климатских промена на глобални хидролошки циклус и на амплитуду повећања глобалног протицаја током прошлог века, у односу на измерени пораст температуре. База података је обухватила период 1875-1994. године. Анализа је обухватила 221 реку и то 60 у С. Америци, 51 у Азији, 40 у Европи, 33 у Ј. Америци и 31 у Африци. Учили су да је опадање температуре током 1875-1925. године повезано са смањењем глобалног протицаја у

¹ Др Владан Дуцић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд.

² Мр Јелена Луковић, истраживач приправник, Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд.
jelenalu@yahoo.com

³ http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/docs/WG1AR4_SPM_PlenaryApproved.pdf

Рад представља резултате истраживања пројекта 146005 које финансира Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије.

истом интервалу. Насупрот томе, током интервала 1925-1994. године забележен је тренд пораста температуре и протицаја. Закључују да глобални протицај расте 4% при расту глобалне температуре од 1°C. Кажу да је овај тренд у складу са савременим истраживањима, указујући на глобално повећање падавина. Наводе да глобални протицај треба разматрати у континенталним размерама "где су присутни растући (С.Америка, Азија, Ј. Америка), стабилни (Европа) и опадајући (Африка) трендови". На крају тврде да њихов рад "обезбеђује први експериментални доказ заснован на подацима, везе између глобалног загревања и интензификације глобалног хидролошког циклуса".

Legates и сарадници (2005) критикују рад Labata и сарадника и тврде да њихови закључци не проистичу из представљених података. Као недостатак, наводе да подаци показују неклиматске утицаје и трендове и њихови закључци не могу објаснити везу пре 1925. године. Осим тога, статистички значај њихових резултата зависи од појединачно изабраних података који утичу на нагиб регресионе линије. Сматрају да Labat и сарадници нису дали довољно доказа који би поткрепили тезу о интензификацији глобалног хидролошког циклуса.

Са друге стране, Савезни хидрометеоролошки завод је 1994. године издао интерну публикацију "Прилог проучавању падавина и суша". У уводном делу прихватају "катастрофичку" варијанту будућих промена климе под утицајем антропогеног ефекта стаклене баште. Полазећи од индекса суше Будико-Лелтау, а на основу података за Београд, одређена је гранична вредност количина падавина од 530 mm за полусушне области. Североисточни део земље би по прогнози за 2000. годину задовољавао критеријум полусушних области. До 2010. године ова област треба да се шири ка југозападу, док би се појавиле и две нове полусушне области (у источној и југоисточној и јужној Србији). Полусушне области би се до 2020. године шириле у истом смеру, тако да би у источном и југоисточном делу земље велики простори попримили одлике полусушних области. Ова област би била ограничена линијом Неготин-Мајданпек-Крагујевац-Ћуприја-Прокупље-Јошаничка Бања-Тутин-Прешево.

Полазећи од тога, у овом раду покушали смо да утврдимо да ли су се уочене климатске промене у другој половини 20. века одразиле на протицаје Нишаве у југоисточној Србији.

Водни биланс слива Нишаве

Отицање вода у сливу Нишаве се може изразити формулом линеарне регресије (Живковић, 1994):

$$C = -1.0626 + 0.0017 * X_0 + 0.0029 * K_r + 0.0023 * S_s$$

где је:

C - процењени коефицијент отицаја, X_0 - средња висина падавина вишегодишњег периода (мм), K_r - заступљеност кречњачких површина (%), S_s - заступљеност површина под седиментним стенама, без K_r (%).

Кречњаци су посебно третирано у оквиру седиментних стена управо због значаја који имају на формирање отицаја. Овај модел је најприхватљивији јер осим падавина укључује типове геолошке подлоге који су најзаступљенији у сливу, где кречњака има 41.1%, а осталих седиментних стена 24.0%.

Област у којој се формира највећи део вода Нишаве је слив Темске. Иако обухвата петину њеног слива, Темска даје Нишави 44.4% свих вода. Осим тога, за овај слив је карактеристично најмање испаравање, односно највеће отицање вода, 63%. Неки његови делови су у том погледу још изразитији. Тако Топлодолска река,

составница Темске, чији је слив готово сав усечен у црвеним пешчарима Старе планине има специфични отицај од 24.30 l/s/km^2 . Високу вредност има и Дојкиначка река, десна притока Височице. Њоме отекне чак 78% од укупне количине атмосферилуја, што износи 23.92 l/s/km^2 (међу највишим вредностима у Србији). Мора се рећи да томе највише доприноси велика количина падавина која на врховима Старе планине премашује 1000 mm, као и велики нагиби долинских страна. Од укупне количине воде Темске, на територији Бугарске се формира 13.6%, односно нешто мање од $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Друга по значају притока Нишаве је Јерма. Њен средњи протицај на ушћу је $6 \text{ m}^3/\text{s}$, а коефицијент отицаја 0.3.

На нашој територији овог слива су нешто повољнији услови отицања него на бугарској, али се и поред истих површина у Бугарској формира 10% више воде него код нас. Јерма се одликује великим годишњим осцилацијама протицаја, па би у циљу коришћења њених вода требало приступити детаљнијој анализи релевантних фактора по субсливовима. Издвојена су још три карактеристична слива и сви се ослањају на Суву планину, два су са источне стране, Црвена и Коритничка река и слив Кутинске реке са западне стране овог кречњачког масива. Карактер рељефа и литолошки састав условљавају веће отицаје у прва два слива (али бујичарских одлика), док неогени седименти Запања успоравају површинско отицање и потенцирају испаравање. Непосредни слив Нишаве се може поделити на пет целина: део у Бугарској, од бугарске границе до ушћа Јерме, од ушћа Јерме до ушћа Темске, од ушћа Темске до ушћа Црвене реке и од ушћа Црвене реке до ушћа Нишаве. Осим предпоследњег у чијем је саставу Коритничка река, остали су одређени без утицаја Јерме, Темске, Црвене и Кутинске реке. Овако ограничени међусливови показују потенцијал аутохтоних вода непосредне околине градова у сливу Нишаве. Први, изворишни део је у Бугарској, други чини окружење Димитровграда, трећи обухвата највећи део Пиротске котлине, у центру четвртог је Бела Паланка, а пети је под највећим утицајем урбане средине Ниша и његовог окружења. Према резултатима, најмањи отицај на завршним профилима дају нишки и пиротски део слива у којима испаравање достиже 87%, односно 83% од укупних падавина. Сви они заједно формирају у просеку $9.57 \text{ m}^3/\text{s}$ (на нашој територији $6.69 \text{ m}^3/\text{s}$), што је у односу на читав слив 30% (код нас 21%).

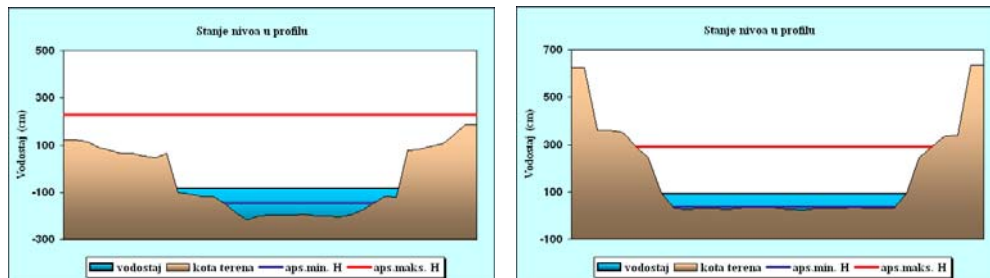
Очигледно је да транзитне воде Пиротске, Белопаланачке и Нишке котлине представљају скоро читаво водно богатство ових територија. Хидролошка аномалија у сливу Нишаве, изражена у повећању специфичног отицаја низводно од Димитровграда, огледа се у значају који имају притоке главне реке. Јерма на свом ушћу носи просечно $6 \text{ m}^3/\text{s}$, а Нишава на истом месту $4.36 \text{ m}^3/\text{s}$. Зато низводни хидрометријски профил у Пироту даје веће вредности специфичног отицаја него онај у Димитровграду. Исти је случај и са односом Пирот-Бела Паланка. Темска која се улива у Нишаву између ова два профила има специфични отицај 17.13 l/s/km^2 , што је $1.84 \text{ m}^3/\text{s}$ више од Нишаве на истом месту (заједно са Јермом). Дакле и поред повећања слива Нишаве од Пирота до Беле Паланке за 1300 km^2 , специфични отицај је под утицајем вода Темске већи у Белој Паланци. Са слива Нишаве годишње отекне око 1 km^3 воде. Од тога наша територија даје 75% воде а бугарска 25% (сличан је и однос међу површинама). Висина отицаја износи 245 mm док је испаравање 475 mm, што на основу годишњих падавина од 720 mm даје коефицијент отицаја од 0.34.

Протицај Нишаве

Нишава је највећа притока Јужне Мораве дужине 248 km, од чега у Србији 151 km. Изворе на територији Бугарске, а у нашу земљу улази недалеко од Димитровграда. Она је водом најбогатија притока Јужне Мораве. Ширина корита варира, тако да је код Димитровграда широка само 8-10 m и дубока 30-50 cm, док код

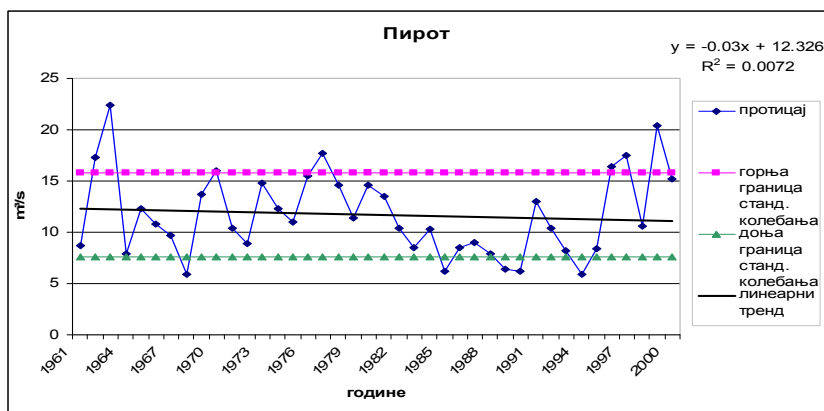
Беле Паланке је широка до 60 m, а дубока до 2 m. Протицај реке Нишаве се мери на три профила: Пирот, Бела Паланка и Ниш.

Промена протицаја на Нишави је разматрана на три станице: Пирот, Бела Паланка и Ниш. И на овим профилима промена протицаја је разматрана у периоду 1961-2000. година.



Слика 1. Облик попречног профила код станица Пирот (лево) и Ниш (десно)

Површина слива Нишаве на профили Пирот, износи 1 745 km², са котом "0" осматрања на 364,27 m. Просечни годишњи протицај је 11,71 m³/s. Стандардно колебање протицаја је у интервалу између 7,59 и 15,83 m³/s. Највећи просечни протицај је забележен 1963. године – 22,44 m³/s. Најнижи просечни протицај од 5,87 m³/s је забележен 1968. и 1994. године. На овој станици је забележен благи пад годишњег протицаја и то 0,03 m³/s (0,24%) годишње.



Графикон 1.- Вредности протицаја на станици Пирот

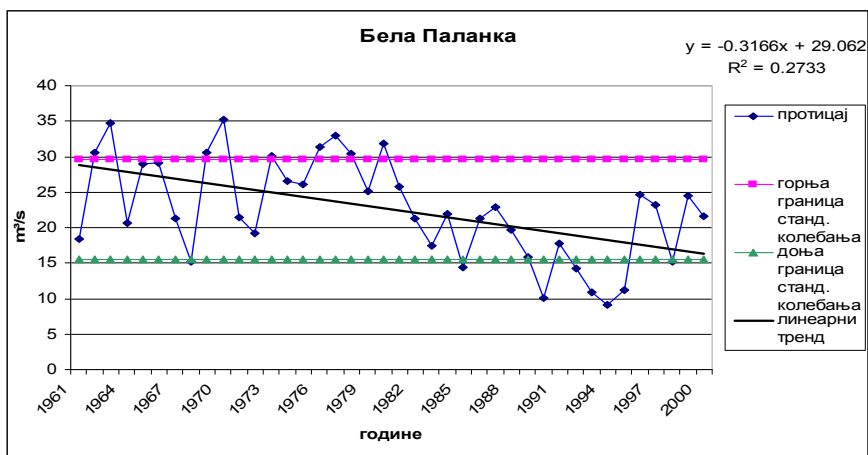
Максимална вредност протицаја од 234 m³/s измерена је 15. фебруара 1969. и 7. јуна 1976. године. Просечна вредност максималних протицаја је 104,18 m³/s, при чему се колебање у интервалу 48,03-160,33 m³/s сматра уобичајеним. Максимуми код Пирота бележе изразити силазни тренд, при чему смањење износи 2,83 m³/s годишње.

Протицај од 0,42 m³/s (18. септембар 2000. године) представља најнижи измерени протицај код Пирота. Просечна вредност минимума протицаја износи 2,46 m³/s, док је уобичајено колебање минимума у интервалу између 1,38 и 3,54 m³/s. Минимуми као и максимуми показују силазни тренд, при чему је годишњи пад 0,04 m³/s.

Посматрано по сезонама, протицај показује растући тренд у јесењој и зимској сезони. Већи пораст протицаја је у јесењој сезони и износи 0,03 m³/s (0,66%). Пролеће

има силазни тренд протицаја, при чему смањење износи $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,94\%$) годишње. Протицај у летњој сезони не показује било какав тренд.

Површина слива код хидролошке станице Бела Паланка је $3\,087 \text{ km}^2$, са котом "0" осматрања на $283,15 \text{ m}$. Просечни средњи годишњи протицај износи $22,57 \text{ m}^3/\text{s}$. Уобичајено колебање протицаја је између $15,49$ и $29,65 \text{ m}^3/\text{s}$. Највећи годишњи протицај је забележен 1970. године – $35,2 \text{ m}^3/\text{s}$, док је најмања вредност забележена 1994. године – $9,12 \text{ m}^3/\text{s}$. Анализа је показала да годишњи протицај показује силазни тренд, при чему годишње смањење износи $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1,1\%$).



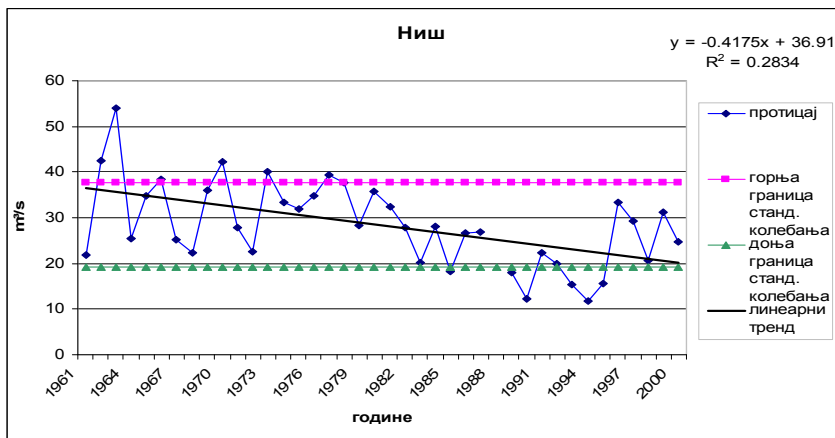
Графикон 2.- Вредности протицаја на станици Бела Паланка

Максимални протицај је забележен 8. јуна 1976. године када је измерен протицај од $456 \text{ m}^3/\text{s}$. Просечни максимални протицај износи $179,06 \text{ m}^3/\text{s}$, при чему је уобичајено колебање између $82,97$ и $275,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Анализом података уочено је да се максимални протицаји смањују $4,25 \text{ m}^3/\text{s}$ годишње.

Најнижа забележена вредност код станице Бела Паланка износи свега $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, што је измерено 5. октобра 2000. године. Просечна вредност минималних протицаја је $4,23 \text{ m}^3/\text{s}$ уз уобичајено колебање између $2,53$ и $5,93 \text{ m}^3/\text{s}$. Минимуми такође показују силазни тренд при чему се протицај смањује $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$.

Анализа сезонских протицаја показује силазни тренд за све четири сезоне. Највеће смањење протицаја је у пролећној сезони, када се протицај смањује $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1,3\%$) годишње. Најмање смањење је јесењој сезони – $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,78\%$) годишње.

Површина слива Нишаве на профилу Ниш износи $3\,870 \text{ km}^2$, са котом "0" осматрања на $187,88 \text{ m}$. На овој станици не постоје осматрања за 1988. годину, јер је у периоду 1987-1988. година рађена регулација корита кроз Ниш. Просечни годишњи протицај износи $28,43 \text{ m}^3/\text{s}$, док је уобичајено колебање у интервалу између $19,19$ и $37,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Највећи средњи годишњи протицај је забележен 1963. године и износи $54,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Најнижи годишњи протицај је $11,67 \text{ m}^3/\text{s}$, који је забележен 1994. године. Анализа је показала да годишњи протицаји показују силазни тренд, при чему смањење износи $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1,15\%$) годишње.



Графикон 3.- Вредности протицаја на станици Ниш

Протицај од $577 \text{ m}^3/\text{s}$ представља највиши забележени протицај на овој станици у наведеном периоду. Осмотрен је 19. фебруара 1963. године. Просечна вредност максимума износи $209,33 \text{ m}^3/\text{s}$, при чему се као уобичајено сматра колебање између $91,18$ и $327,48 \text{ m}^3/\text{s}$. Максимуми, као и средњи годишњи протицаји бележе пад, с тим што је смањење $6,14 \text{ m}^3/\text{s}$ годишње.

Најнижа вредност протицаја је забележена 18. октобра 2000. године, када је вредност протицаја износила свега $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Просечна вредност минималних протицаја износи $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$, док је уобичајено колебање минимума између $3,29$ и $7,71 \text{ m}^3/\text{s}$. Анализа је показала да минимуми имају силазни тренд и то $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ годишње.

Ако посматрамо промену протицаја по сезонама, у све четири сезоне је забележен пад. Најмање смањење протицаја је у јесењој сезони и то $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,67\%$) годишње. Највеће смањење протицаја је у пролеће када износи $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1,37\%$) годишње.

Дискусија

Као што се може запазити, на годишњем нивоу се на сва три профила (Пирот, Бела Паланка и Ниш) уочава пад протицаја у посматраном периоду (1961-2000). То би било у складу са тврдњама IPCC-а и СХМЗ-а, о доминантном утицају антропогеног ефекта стаклене баште на смањење протицаја река у Србији.

Дакле, у другој половини XX века је дошло до повећања концентрације CO_2 која је крајем века порасла на $0,037\%$, што би требало да се одрази на пораст температуре. Ово је навело Дуцића и Радовановића (2005) да посматрају разлике средње температуре између декада 1991-2000 и 1951-1960. година на 20 станица. Пораст је уочен на 16 станица. Пад није забележен ни на једној станици, док код 4 нема никаквих промена. Другачије резултате добили су методом линеарног тренда, када је на 15 станица тренд био позитиван, а на 5 негативан. Уочили су да "највећи пораст забележиле су станице на истоку, окренуте Влашкој низији, као и делови Војводине (север) и северозападни део Србије. Међутим, у деловима јужне и југоисточне Србије вредности линеарног тренда су негативне". Постојање регионалних трендова их је упутило на трагање за евентуалним циркулационим разлозима. Користили су типологију коју је развио Дзердзевскиј, који је издвојио 3 основна типа циркулације на северној хемисфери. Дobili су коефицијент корелације од $0,8$ између доминантних типова циркулације и средње декадне температуре у

Србији. На основу овог су закључили да је пораст температуре у последњој декади XX века доминантно условљен променом типа циркулације.

На подручју слива Нишаве је у другој половини XX века дошло до пада температуре, што би значило да се промене протицаја не могу објаснити доминантним глобалним утицајем стаклене баште. Ипак, протицај се односи на период, који је почео декаду касније.

С тим у вези, посматрали смо и метеоролошке податке за период од 1961. до 2000. Запажа се да је на метеоролошкој станици у Нишу ипак присутан пораст температуре од 0.0119°C по години. Међутим, Ниш је у том периоду постао велики град са несумњивим растом урбаног острва топлоте, што је потенцирало регионалне промене температуре. На хидролошком профилу Бела Паланка не постоји хидролошка станица првог реда, док на профилу Пирот има прекида у осматрању. Једина метеоролошка станица у сливу Нишаве са континуираним низом података који није поремећен растом урбаног острва топлоте је Димитровград. На њој је тренд температуре и у периоду од 1961. до 2000. године, такође негативан ($-0,0012^{\circ}\text{C}$ по години).

Иако је ова промена статистички несигнификантна, знак промене није у складу са тезом о доминацији антропогеног ефекта стаклене баште. То значи да, ни промене протицаја, бар у горњем делу слива Нишаве, у периоду истраживања, се не могу објаснити тим ефектом. Међутим, за Димитровград постоје комплетни подаци од 1949. до 2007. У том периоду је по тврдњама IPCC-а присутан растући утицај ефекта стаклене баште. Тренд температуре у целокупном посматраном периоду износи несигнификантних $-0,0049^{\circ}\text{C}$ по години, што се никако не уклапа у концепт доминације антропогеног ефекта стаклене баште. Шта више, и тренд падавина у целокупном периоду мења знак од негативног ка позитивном и расте по стопи од 0.1175mm по години, тако да се ни он не уклапа у концепт доминације глобалног антропогеног утицаја по регионалним моделима IPCC-а и СХМЗ-а.

Занимљиво је да је у Димитровграду и у последњих десет година, од 1998. до 2007. и даље присутан пад температуре (-0.0132°C по години). Ипак, периоди краћи од стандардног метеоролошког низа од тридесет година нису довољно поуздани и могу да створе лажну слику дугорочних промена. Због тога смо посматрали тридесетогодишње покретне периоде, са померајем од једне године. Показало се да је период 1949-1978. за приближно $0,2^{\circ}\text{C}$ топлији од последњег, 1978-2007. То дефинитивно не указује на присуство растућег антропогеног ефекта стаклене баште, већ да је и даље реч, пре свега, о природним сменама климатских циклуса, што значи да су се сушне епизоде различитог интензитета јављале и раније

И у суседним земљама истраживачи су добили сличне резултате (BALWOIS, 2004).

Заједничка истраживања Института за метеорологију и хидрологију у Софији (V. Alexandrov и S. Dakova) и Универзитета техничких наука у Истамбулу (H. Askoу и A. Dahamshed) јасно указују на годишње снижавање температуре ваздуха и падавина у периоду од 1961. до 2000. године, у јужном делу Бугарске и северозападном делу Турске.

L. Trajanoska из Хидрометеоролошког института из Македоније и I. Kaevski из института за истраживање вода такође из Македоније, користећи статистичке методе такође нису уочили сигнификантне промене.

V. Stojov (Хидрометеоролошки завод Македоније) уочио је силазни тренд падавина у сливу Вардара, посебно у последњој декади (1961- 2000), који директно утиче на протицај река у овој области. Наиме, аутор је уочио да низак протицај, који се јавља у летњим месецима, може бити у вези са климатским променама. Ипак, нагласио је да би то требало да буде потврђено мерењима.

V. Alexandrov (Институт за хидрологију и метеорологију, Софија) испитивао је колебање климе и појаву суша на Балканском полуострву. Подаци су показали да су се суше чешће јављале у последњем веку у Европи, као и да је то део климатских циклуса.

E. Koleva, V. Alexandrov и N. Slavov (Институт за хидрологију и метеорологију, Софија) су истраживали годишње и сезонске падавине у низијама и висијама Бугарске. Они су уочили неколико сушних периода током прошлог века, углавном између 1942-1950 и 1982-1994 године. На пример током 1982-1994 године, падавине су се смањиле за 50% у одосу на просек.

И бројни други аутори су показали да се последњих деценија, а и у дужим периодима не догађа ништа драматично, и да се једноставно ради о цикличним променама.

Cluis и Laberge (2001) су користили записе протицаја из базе GRDC⁴ у Кобленцу да би утврдили да ли је било интензификације Земљиног глобалног хидролошког циклуса услед глобалног загревања. Студија је обухватила 78 река широм Азијско-пацифичког региона. Средњи почетни датум је био 1935±5 година, а завршни 1998±1 година, што представља полувековни временски распон. Резултати су показали да је средњи протицај река био непромењен у 67% случајева, а у случајевима где је било трендова – 69% је било силазно. Максимални протицај река је био непромењен у 77% случајева, а тамо где је било трендова 72% њих је било силазно. Минимални речни протицаји су били непромењени у 53% случајева, док у случајевима где су били трендови – 62% је било растуће. Ово их је навело на закључак да су промене протицаја у супротности са резултатима IPCC-а.

Рекагова и сарадници (2003) су посматрали промене протицаја на 11 река Западне/Централне Европе и на 6 река Источне Европе. Анализирани подаци не показују значајну промену протицаја у периоду 1810-1990. година. За Рајну и Дунав је уочено да су под јаким утицајем Алпа и да имају сличну варијабилност протицаја. Опадање протицаја је било запажено само на Дњепру, Дону и Волги и то у периоду 1881-1990. године. На осталим већим рекама није уочен ни раст ни пад протицаја, већ само циклично смењивање сувих и влажних периода.

Walling и Fang (2003) су, поред испитивања суспендованих седимената на 145 "главних" светских река, уједно посматрали и промену протицаја на њима. Од 145 река, њих 100 је показало стабилне вредности протицаја, док од 45 река код којих су уочене промене – 32 су показале смањење вредности протицаја, што није у складу са са резултатима IPCC-а.

Milliman и сарадници (2008) су посматрали протицај река у глобални океан у другој половини XX века. Узорак је обухватао 137 река које одводњавају око 56% површине у глобални океан. По њиховим речима, у периоду 1951-2000. година кумулативни протицај ових река остао је статистички непромењен. Такође они наводе и да су падавине на копну у том периоду биле статистички непромењене. Закључују да се ни протицај ни падавине нису променили током друге половине XX века, што не потврђује тезу о интензификацији глобалног хидролошког циклуса.

Проучавањем цикличности водних и сушних периода на већим рекама у Србији бавио се Оцокољић (1994). За Дунав је обрађен 150-годишњи период у Ђердапу, док је на осталим рекама 60-годишњи период. Осим тога, "проучавана је честина појављивања сушних и водних година, са класификацијом њихове водности, уз осврт на прогнозу промена карактеристика отицања у наредним годинама". Закључио је да се веома сушне и веома водне године код већина река јављају у просеку сваке 20-30. године. Прогнозира да на Дунаву до краја XX и у првој половини

⁴ Global Runoff Data Centre

XXI века треба очекивати више веома сушних година. На Тиси и Сави, као и на Великој Морави, Западној Морави и Ибру, је већа вероватноћа да се појаве веома сушне него веома влажне године. Супротан закључак је за Дрину и Лим где се очекују веома водне године. Међутим, на Нишави и Црници могу да се појаве и веома сушне и веома водне године.

Салваи и сарадници (1994) су анализирали цикличност већих река Југославије на узорку од 4 станице за период 1931-1990. година. За станицу Бездан су добили периоде 14 и 30 година, за Сенту 14 и 38 година, за Сремску Митровицу 14, 20 и 36 година и за Љубичевски мост 8, 14 и 20 година. На основу тога су извели закључак да су "годишњи протицаји на наведеним рекама циклични, са мање или више израженим периодима". Указују да приликом статистичке обраде је потребно за сваку серију одређивати меродавни период због различитих карактеристика сливова и режима средњих годишњих протицаја. Наводе и хипотетички закључак, да екстраполацијом интегралне функције модуларних одступања "у наведеном периоду од 1994. на анализираним рекама можемо очекивати појаву већих средњих годишњих протицаја и то у трајању од 4 до 7 година". Салваи у раду из 2000. године⁵ долази до истих закључака за период 1931-1998. година. Сматра да "у наредном периоду од 2001. год. и то у трајању од 4 до 7 година, могу се очекивати мањи средњи годишњи протицаји, а тиме и блажи недостатак падавина у сливном подручју". На крају наводе да ово ипак треба схватити условно.

Дуцић и сарадници (2006) су изучавали дугопериодичне трендове протицаја на хидролошкој станици Оршава на Дунаву за период 1841-2000. година. У раду кажу да "строго математички гледано, промене протицаја Дунава код Оршаве, као и осталих хидролошких показатеља се могу сматрати статистички незнатним. Па ипак, иако су промене статистички несигнификантне, оне постоје и подложне су тумачењима". Анализом могућих антропогених утицаја закључују да се протицај повећао и постао мање екстреман. До сличних резултата су дошли и Дуцић, Николић (2007).

Исаиловић и Срни из Института за водопривреду "Јарослав Черни"⁶ су у свом пројекту између осталог анализирали трендове промене просечног годишњег протицаја на неколико станица за низ података у периоду 1931-1994. година. Уочили су да се за све станице осим оне на Тиси, јавља негативан тренд. Забринутост због смањења протицаја је повећана појавом сушног периода који је почео 1982. године. За разлику од краћег периода, током 155 година на Дунаву (Оршава) уочен је благо растући тренд, али је он статистички незначајан. На крају закључују да сушни период не може се у целини приписати климатским променама, већ је "вероватно добрим делом последица уобичајених флукуација отицања" при чему не треба занемарити глобалне промене у атмосфери.

Smith и сарадници (2006) су анализирали историју глобалних падавина у периоду 1979-2004. година. Уочили су да су највеће варијације падавина "повезане са ENSO (Ел Нињо јужном осцилацијом) и немају тренд". За варијације које нису повезане са ENSO и испољавају тренд, сматрају да је тај тренд "повезан са порастом тропских падавина изнад Пацифика и Индијског океана повезаних са локалним загревањем мора". Закључили су да ипак ово повећање је компензирано смањењем падавина у другим регионима при чему је "глобална просечна промена блиска нули".

Медијска кампања о садашњим јаким сушама навела је Hisdala и сараднике (2001) да испитају шта показују подаци за Европу. Ови су извршили анализу више од

⁵ Рад "Истраживање периодичности средњих годишњих протицаја" добијен од др Салваиа електронском поштом.

⁶ www.jcerni.co.yu/projects/emon2.pdf

600 дневних записа протицаја из EWA⁷ да одреде трендове у јачини, дужини и учесталости суша током четири периода: 1962-1990, 1962-1995, 1930-1995. и 1911-1995. године. Они сматрају да упркос неким извештајима о сушама средином 1980-их и почетком 1990-их, не постоје јасне индикације да ће сушни услови постати интензивнији или учесталији. Наводе да број негативних трендова (који значе мање сушних догађаја) превазилази број позитивних значајних трендова.

Што се тиче узрока савремених промена климе и протицаја, они би могли бити у вези са променама у океану и општој циркулацији атмосфере.

Према пројекцијама IPCC регион Јужне Европе ће у будућности бити погођен високим температурама и сушама. Дуцић и Радовановић (2005) су добили коефицијент корелације 0.14 између годишњих сума падавина у Београду и концентрације CO₂. Коефицијент детерминације износи 0.019 што значи да промене концентрације CO₂ објашњавају 1,9% колебања декадне суме падавина. Ако се посматра регионално, повећање количине падавина је забележено на станицама на југозападу, западу и северозападу Србије (ближе извору влаге). Четири станице имају смањење преко 100 mm, од којих се 3 налазе у југоисточној и источној Србији (Врање, Зајечар и Неготин). Закључују да би разлоге требало пре свега тражити у променама циркулације атмосфере.

Ђурић (1998) је истраживао могуће утицаје Ел Ниња на климу Србије. Упоредио је низове падавина и температуре у Београду и Нишу за период 1951-1997. година са карактеристикама Ел Ниња у том периоду. Закључио је да не постоји значајна сличност између трендова ових догађаја, мада се у доста периода јавља поклапање са појавом Ел Ниња. По његовом мишљењу, девијације климатских елемената се не испољавају у истом тренутку када и Ел Нињо, већ са одређеним закашњењем. Као разлог наводи да механизам преношења утицаја Ел Ниња који није увек исти, нити се одвија истом брзином.

Дуцић и сарадници (2006) су истраживали везу између ENSO и NAO индекса са декадном променљивошћу падавина у Србији на 20 метеоролошких станица. Статистички значајан тренд падавина је уочен само на 2 станице (10%), што се слаже са извештајем IPCC да за европски регион је тешко одредити значајан тренд падавина, нарочито после 1950. године. Закључили су да у периоду 1951-2000. година ENSO објашњава 79% варијабилност падавина у Србији, што "оставља мало простора за евентуални директни антропогени утицај". Претпостављају да је током лета израженији утицај Атлантика на падавине, док су зими под утицајем Атлантика и Индо-пацифика.

Осим у променама циркулације, факторе колебања падавина и протицаја би требало тражити и у променама Сунчеве активности. Дуцић (2005) је у реконструисаним протицајима Дунава до 1731. уочио двадесетогодишњу периодичност, која би се могла довести у везу са колебањем центра масе Сунчевог система.

Дуцић и сарадници (2007) су у протицајима Дунава код Оршаве пронашли везу између индекса водности и хелиографских ширина Сунчевих пега, док су Дуцић и Марјановић (2009) утврдили да протицај Дунава код Бездана кореспондира AA индексом као показатељу Сунчевог ветра.

⁷ European Water Archive

Закључак

Климатске промене у свету последњих деценија побуђују разумљиву пажњу. У првом плану су катастрофичке варијанте будућих промена, засноване на хипотези да човек у другој половини 20. века доминантно утиче на климу. Међутим, у сливу Нишаве, те промене се донекле разликују од уобичајених представа заснованих на пројекцијама Међувладиног панела за климатске промене. (IPCC)

На годишњем нивоу се на сва три профила (Пирот, Бела Паланка и Ниш) уочава пад протицаја у посматраном периоду (1961-2000). То би било у складу са тврдњама IPCC-а, о доминантном утицају антропогеног ефекта стаклене баште на смањење протицаја река у Србији.

Једина метеоролошка станица у сливу Нишаве са континуираним низом података који није поремећен растом урбаног острва топлоте је Димитровград. На њој је тренд температуре у периоду од 1961. до 2000. године, негативан ($-0,0012^{\circ}\text{C}$ по години).

Иако је ова промена статистички несигнификантна, знак промене није у складу са тезом о доминацији антропогеног ефекта стаклене баште. То значи да, ни промене протицаја, бар у горњем делу слива Нишаве, у периоду истраживања, се не могу објаснити тим ефектом. Међутим, за Димитровград постоје комплетни подаци од 1949. до 2007. У том периоду је по тврдњама IPCC-а присутан растући утицај ефекта стаклене баште. Тренд температуре у целокупном посматраном периоду износи несигнификантних $-0,0049^{\circ}\text{C}$ по години, што се никако не уклапа у концепт доминације антропогеног ефекта стаклене баште. Шта више, и тренд падавина у целокупном периоду мења знак од негативног ка позитивном и расте по стопи од 0.1175mm по години, тако да се ни он не уклапа у концепт доминације глобалног антропогеног утицаја по регионалним моделима IPCC-а

На основу наших резултата, али и резултата других истраживача, можемо закључити да се последњих деценија не догађа ништа драматично са климом, као и да су присутне промене, последица, пре свега, смене природних циклуса. С тим у вези, и пројекцијама евентуалних промена климе у будућности треба приступити комплексније, имајућу у виду све потенцијалне факторе.

Литература

- Alexandrov, V., Schneider, M., Koleva, E., Moisselin, J.-M. (2004). Climate variability and changes in Bulgaria during 20th century; *Theoretical and Applied Climatology* 79.
- Cluis, D., Laberge, C. (2001). Climate change and trend detection in selected rivers within the Asia-Pacific region; *Water International* 26.
- Ducic, V. (2005). Reconstruction of the Danube Discharge on Hydrological Station Orsova in Pre-instrumental Period (Possible Causes of Fluctuations). Faculty of Geography, *Edition physical Geography of Serbia Vol.2*, Physico-geographical Problems of Carpatho-Balkan Mountains in Serbia, str. 79-100, Belgrade.
- Ducic, V., Luković, J., Nikolova, N. (2007). Possible connection between Danube River discharge variability and solar activity. *Glasnik srpskog geografskog društva*, 87 (1), 31-38.
- Ducic, V., Milovanovic, B., Lukovic, J. (2006). Connection between ENSO Index, NAO Index and decadal-scale variability of precipitation in Serbia, *Collection of the papers from International Scientific Conference*, Faculty of Geology and Geography, St Kliment Ohridski, University of Sophia, p. 137-143.
- Ducic, V., Nikolić, J. (2007). Danube river discharge changes near hydrological gauge Orsova in the context of the global changes. *In International conference erosion and torrent control as a factor in sustainable river basin management*
- H. Askoy and A. Dahamshed, L. Trajanoska, I. Kaevski, V. Stojov (2005). WOISYDES/BALWOIS Projects Water Observation and Information Systems for Decision Support
- Hisdal, H., Stahl, K., Tallaksen, L., Demuth, S. (2001). Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent?; *International journal of Climatology*, 21.
- Labat, D., Godderis, Y., Probst, J., Guyot, J. (2004). Evidence for global runoff related to climate warming; *Advances in Water Resources*, vol. 27.

- Legates, D., Inis, H., McCabe, G. (2005). Comments on "Evidence for global runoff increase related to climate warming" by Labat et al.; *Advances in Water Resources*, vol. 28.
- Miliman J., Farnsworth K., Jones P., Smith L. (2008). Climatic and anthropogenic factors affecting river discharge to the global ocean, 1951-2000; *Global and Planetary Change* 62.
- Pekarova P., Miklanek P., Pekar J. (2003). Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th-20th centuries; *Journal of Hydrology*, vol. 274.
- Smith T., Yin X., Gruber A. (2006). Variations in annual global precipitation (1979-2004), based on the Global Precipitation Climatology project 2.5° analysis; *Geographical Research letters* 33.
- Walling D.E., Fang D. (2003). Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers; *Global and Planetary Change* 39.
- Дуцић В., Марјановић Н. (2009). Сунчева активност и протицаји Дунава у Србији. *Београдска школа метеорологије*, Свеска друга, стр. 177-190
- Дуцић В., Николић Ј., Драгићевић С. (2006). Промене параметара протицаја Дунава код хидролошке станице Оршава у периоду 1841-200. *Гласник Српског географског друштва*, 86 (1), 35-46.
- Дуцић В., Радовановић М. (2005). *Клима Србије*: Београд: Завод за уџбенике.
- Ђурић М. (1998). Анализа трендова низова падавина и температуре у нашој земљи у односу на Ел Нињо периоде; Републички хидрометеоролошки завод, Београд.
- Живковић Н. (1994). Прилог проучавању водног биланса у сливу Нишаве, *Гласник Српског географског друштва*, 76 (1), 65-72.
- Оцокољић М. (1994). *Цикличност водних и сушних периода у Србији*. Београд: посебна издања географског института "Јован Цвијић", књига 41.
- Савезни хидрометеоролошки завод (1994). Прилог проучавању падавина и суша; интерна публикација, Београд.
- Салваи А., Зеленхасић Е., Савић Р. (1994). Анализа цикличности протицаја већих река Југославије; Монографија "Уређење, коришћење и заштита вода Војводине", поглавље I 3, Пољопривредни факултет, Институт за уређење вода, Нови Сад.

VLADAN DUCIĆ
JELENA LUKOVIĆ¹

POSSIBLE CAUSES OF CONTEMPORARY NISAVA RIVER DISCHARGE VARIABILITY

Abstract: Nisava River is the largest tributary of the South Morava River of length 248 km, of which 151 km is in Serbia. Annually to all three hydrological profiles (Piroć, Bela Palanka and Nis) in the reporting period (1961-2000) has been observed decrease in discharge. That would be in accordance with the IPCC's claims about the domination of the influence of anthropogenic greenhouse gases on the reduction of rainfall and discharge in Serbia. However, the area of the Nisava basin in the second half of the XX century has shown decrease in air temperature. The station Dimitrovgrad, in the upper part of the basin, from 1949 to 2007 showed trend of annual temperature of -0.0049 °C per year, which does not fit to the concept of dominance of anthropogenic greenhouse gases. And the trend of rainfall in this period, changes sign from negative to positive (0.1175 mm per year), so that it does not fit the concept of domination of the global anthropogenic impact on regional models of IPCC. Regarding to this and projections of possible climate change in the future all potential climatic factors should be taking into account.

Key words: Nisava River, discharge, climate change

Introduction

Recently, climate change caused attention of media and scientific community. The first insight is related to catastrophic visions of future climate change. Starting from the concerns of the scientific community, based on years of research, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) fourth report (2007)² concluded that climate change in the second half of the XX century is related to the dominant anthropogenic influence. It is thought mainly to emissions of greenhouse gases, caused by burning fossil fuels. This led according to IPCC to a rise in global temperature and the intensification of the global hydrologic cycle.

Labat et al. (2004) have analyzed the impact of climate change on the global hydrological cycle and increase the amplitude of the global discharge during the last century, compared to the measured temperature rise. The database included the period 1875-1994. The analysis included 221 rivers and 60 in Latin America, 51 in Asia, 40 in Europe, 33 in South America and 31 in Africa. It has been observed that the decline in temperature during 1875-1925 was associated with reduction of global flow in the same interval. In contrast, during the interval 1925-1994 the trend of the increase was recorded in temperature and discharge. They concluded that the global discharge increases 4% with global temperature growth of 1°C. They have noticed that this trend is in accordance with contemporary research, pointing to a global increase in precipitation. They also stated that the global discharge should be considered in the continental scale where they present a growing (Latin America, Asia, South America), stable (Europe) and downward (Africa) trends". At the end they claim that their work provides the first experimental evidence based on the data, the connection between global warming and the intensification of the global hydrologic cycle.

Legates et al. (2005) criticized the work of Labat et al. (2004) and claiming that their conclusions do not derive from the presented data. As the lack of, they said that data show

¹ Мр Јелена Луковић, истраживач приправник, Географски факултет, Београд.

² http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/docs/WG1AR4_SPM_PlenaryApproved.pdf

This paper presents results of the investigation on the project 146005 founded by Ministry of Science and Technological Development of Republic of Serbia.

non-climatic influences and trends, and their conclusions cannot explain the connection before the 1925th year. In addition, the statistical significance of their results depends on the selected data particularly affecting the slope of the regression line. They believe that Labat et al. (2004) have not provided sufficient evidence to support the hypothesis of global hydrologic cycle intensification.

On the other hand, the Hydro-meteorological Institute in 1994 issued the internal publication "Contribution to the study of rainfall and drought". In the introductory is accepted "catastrophic" variant of future climate change under the influence of anthropogenic greenhouse gases. Starting from the index of drought given by Leltau-Bydiko based on data for Belgrade, the threshold in amount of rainfall of 530 mm is determined for semi-arid areas. Northeastern part of the country according to the forecasts in 2000 years may experience the criteria of semi-arid areas. Up to 2010 this area should be spread to the southwest, while two new semi-arid areas will appear (in eastern and southeastern and southern Serbia). Semi-arid areas will be spreading until 2020 in the same direction, so that in eastern and southeastern part of the country large areas would get the characteristics of semi-arid areas. This area would be limited to line Negotin-Majdanpek-Kragujevac-Cuprija-Josanicka Spa-Tutin-Presevo.

Considering the above mentioned we have tried in this paper to determine whether the observed climate change in a second half of the XX century has caused discharge changes of Nisava River in South-eastern part of Serbia.

The water balance of Nisava River drainage basin

Overland flow in Nisava river basin can be presented by formula of linear regression (Živković, 1994):

$$C = -1.0626 + 0.0017 * X_o + 0.0029 * Kr + 0.0023 * Ss$$

where:

C – is estimated coefficient of overland flow, X_o – the average amount of precipitation over long period of time (mm), Kr – limestone area (%), Ss – sedimentary rocks, without Kr (%).

Limestone rocks are specially treated in sedimentary rocks because of importance in overland flow. This model is most preferable because it includes beside precipitation also types of geologic structures that are most common in the basin, where the limestone is 41.1%, and other sedimentary rocks 24.0%.

The area in which forms the largest part of the Nisava basin waters of is drainage basin of Temska River. Although a fifth of its basin covers, Temska River provides 44.4% of all water. In addition, this area is typical of low evaporation, and with the largest overland flow of 63%. Some of its parts are in this respect more pronounced. Toplodolska River which is a component of Temska River, almost all cut in the old red sandstone of Stara Mountain has specific discharge rate of 24.30 l/s/km². High value has Dojkinacka river, right tributary of Visocica. It goes overland even 78% of the total amount of atmospheric waters, which is 23.92 l/s/km² (among the highest values in Serbia). The large amount of rainfall drained from the peaks of Stara Mountain which exceeds 1000 mm also contributes as well as large slope of valley sides. Of the total quantity of water Temska River, in the territory of Bulgaria is formed 13.6% or less than 2 m³/s. The second important tributary of Nisava River is Jerma River. Its average discharge at the confluence is 6 m³/s, and the coefficient of overland flow 0.3.

It is obvious that the water flowing through Pirot, Bela Palanka and Nis valleys represent almost the entire water wealth of the territory. Hydrological anomalies in the Nisava basin expressed in increasing specific runoff downstream of Dimitrovgrad reflect in the importance of tributaries of the main river. Jerma River in its confluence carries an average of $6 \text{ m}^3/\text{s}$ and at the same place Nisava River $4.36 \text{ m}^3/\text{s}$. Therefore, downstream profile in Pirot gives greater value than the one specific runoff in Dimitrovgrad. The same is with the relationship Pirot-Bela Palanka. Temska River which flows into the Nisava River between these two profiles has specific runoff 17.13 l/s/km^2 , which is $1.84 \text{ m}^3/\text{s}$ more than Nisava River has in the same place (with Jerma River). So despite the increase of the Nisava basin from Pirot to Bela Palanka for 1300 km^2 , the specific runoff Temska River is higher in Bela Palanka. Nisava basin drains about 1 km^3 of water per year. Our territory makes 75% of water and Bulgaria 25% (similar relationship in areas). Runoff is 245 mm while evaporation of 475 mm , based on annual rainfall of 720 mm gives runoff ratio of 0:34.

Discharge of the Nisava River

Nisava is the largest tributary of the South Morava River length of 248 km , of which 151 km in Serbia. It originates in the territory of Bulgaria and in our country enters near Dimitrovgrad. It is the richest in water tributary of the South Morava River. Channel width varies, so at Dimitrovgrad is only $8\text{-}10 \text{ m}$ wide and $30\text{-}50 \text{ cm}$ deep, while at Bela Palanka wide up to 60 m and deep up to 2 m . Nisava river discharge is measured in three profiles: Pirot, Bela Palanka and Nis.

Figure 1. Cross section on profiles Pirot (left) and Nis (right)

Change in discharge of Nisava River is considered on three stations: Pirot, Bela Palanka and Nis in the period 1961-2000.

Area of Nisava drainage basin on the profile of Pirot, is 1745 km^2 , with "0" altitude of the observations on 364.27 m . The average annual discharge is $11.71 \text{ m}^3/\text{s}$. Discharge variability is in the interval between 7.59 and $15.83 \text{ m}^3/\text{s}$. The highest average discharge was recorded in 1963 and was $22.44 \text{ m}^3/\text{s}$. The lowest average discharge of $5.87 \text{ m}^3/\text{s}$ was recorded in 1968 and 1994 year. At this station has recorded a slight decrease in annual discharge $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.24%) per year.

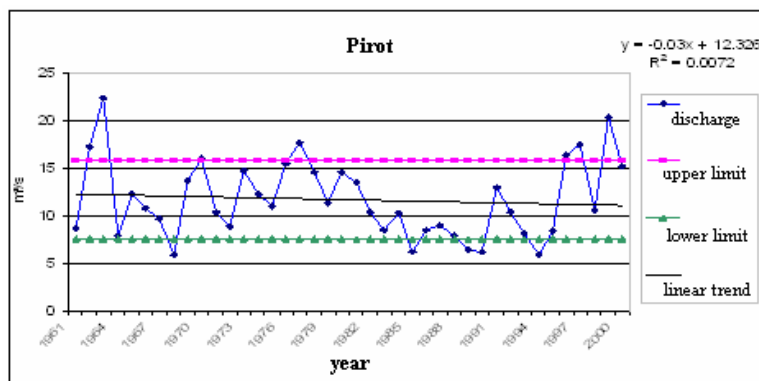


Figure 2. Discharge on Pirot profile

Maximum value of discharge of $234 \text{ m}^3/\text{s}$ is measured on 15th February 1969 and 7th June 1976 year. The average value of maximum discharge is $104.18 \text{ m}^3/\text{s}$, while the

variability in the interval 48.03-160.33 m³/s is usual. Maximum near Pirot reported to express downward trend, while the reduction is 2.83 m³/s per year.

Discharge of 0.42 m³/s (18 September 2000) is the lowest measured discharge at Pirot. The average value of the minimum discharge is 2.46 m³/s, while the usual minimum variability in the interval between 1.38 and 3.54 m³/s. Minimum and maximum show a downward trend, with an annual decline of 0.04 m³/s.

Observed by season, discharge shows a growing trend in autumn and winter season. The larger increase in discharge in the autumn season is 0.03 m³/s (0.66%). Spring has a discharge downward trend, while the reduction is 0.18 m³/s (0.94%) per year. Discharge in the summer season does not show any trend.

Drainage basin area near hydrological gauge at Bela Palanka is a 3 087 km², with "0" altitude of the observations is on 283.15 m. The average mean annual discharge is 22.57 m³/s. Default discharge variability is between 15.49 and 29.65 m³/s. The greatest annual discharge was recorded in 1970 and was 35.2 m³/s, while the lowest value recorded in 1994 was 9.12 m³/s. Analysis showed that the annual discharge shows downward trend, with annual reduction amounts to 0.32 m³/s (1.1%).

Maximum discharge is recorded on 8th June 1976 of 456 m³/s. The average maximum discharge is 179.06 m³/s, with the usual variability between 82.97 and 275.15 m³/s. Analyzing the data it has been found decrease of the maximum discharge for 4.25 m³/s per year.

Low value recorded at stations Bela Palanka is only 0.5 m³/s, which is measured on 5th October 2000. The average value of the minimum discharge is 4.23 m³/s with the usual variability between 2.53 and 5.93 m³/s. Minimum also showed downward trend while discharge decreases of 0.07 m³/s annually.

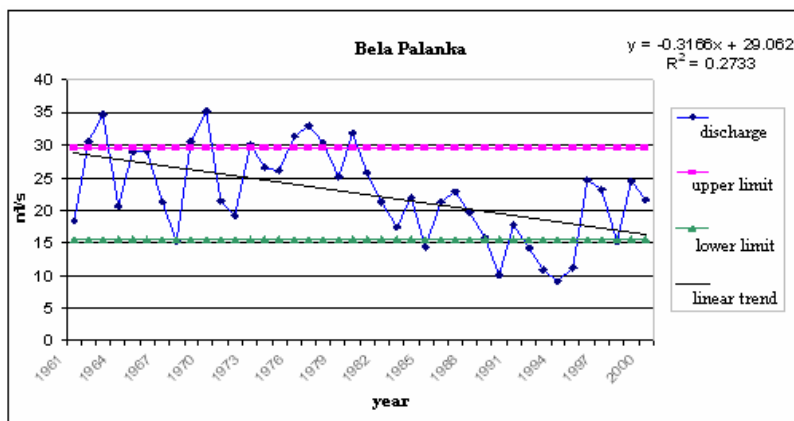


Figure 3. Discharge on Bela Palanka profile

Analysis of the seasonal flow shows downward trend for all four seasons. The greatest reduction in discharge is in the spring season, when discharge decreases 0.71 m³/s (1.3%) per year. The least reduce is in the autumn season 0.1 m³/s (0.78%) per year.

The area of Nisava River basin in Nis profile is 3 870 km², with "0" altitude of the observations of 187.88 m. At this station there are no observations in 1988, because in the period 1987-1988 a channel regulation is made through Nis. The average annual discharge is 28.43 m³/s, while the usual variability is in the interval between 19.19 and 37.67 m³/s. The greatest mean annual discharge was recorded in 1963 with the amounts of 54.05 m³/s. The lowest annual discharge is 11.67 m³/s which was recorded in 1994 year. Analysis

showed that the annual discharge showed downward trend, decreasing for $0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ (1.15%) per year.

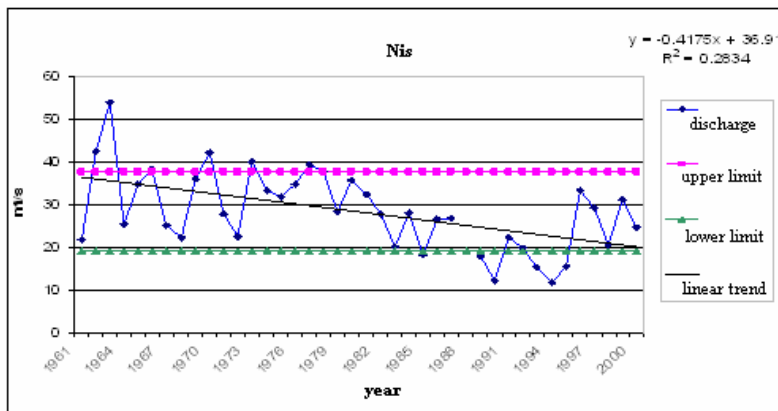


Figure 4. Discharge on Nis profile

Discharge of $577 \text{ m}^3/\text{s}$ is the highest recorded discharge at this station in that period observed on 19 February 1963 year. The average maximum value is $209.33 \text{ m}^3/\text{s}$, where as normally are fluctuations between 91.18 and $327.48 \text{ m}^3/\text{s}$. Maximum, and mean annual discharge recorded decline, with a decrease $6.14 \text{ m}^3/\text{s}$ per year.

Low value of flow was recorded on 18th October 2000 and was $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$. The average value of the minimum discharge is $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ while the usual fluctuation of the minimum is between 3.29 and $7.71 \text{ m}^3/\text{s}$. Analysis showed that at least a downward trend of $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ per year.

If we take a look on change in discharge per season, in all four seasons is recorded fall. The least reduce of discharge is in autumn season and to $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.67%) per year. The greatest reduction in discharge is in spring $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$ (1.37%) per year.

Discussion

As it can be noticed, on annual basis to all three profiles (Piro, Bela Palanka and Nis) there is observed decrease in discharge in the period 1961-2000. That would be in accordance with the IPCC's claims and Hydro-meteorological Institute of Serbia, about dominant influence of anthropogenic greenhouse effect on discharge decrease of rivers in Serbia.

In the second half of the XX century there has been increase in the concentration of CO_2 which at the end the century rose to 0.037% and it may affect the temperature increase. This has led Ducic and Radovanovic (2005) to observe temperature differences between the decades 1991-2000 and 1951-1960 at 20 meteorological stations in Serbia. The increase was observed in 16 stations. The fall was not recorded in any station, while in 4 there was no change. Different results were obtained using a linear trend, where in 15 stations the trend was positive, and in 5 negative. They observed that "the largest increase recorded by the stations in the east, facing Vlasica Plain, and parts of Vojvodina (north) and the northwestern part of Serbia. However, in parts of South and Southeast Serbia linear trend values are negative". The existence of regional trends refers them to search for possible circulation reasons. They used the typology developed by Dzerdzhevskij, who was singled out 3 basic types of circulation in the northern hemisphere. They got the correlation coefficient of 0.8 between the dominant type of circulation and high decadal temperature in Serbia. Based on

this they concluded that the temperature increase in the last decade of the XX century is predominantly conditioned by changing the type of circulation.

In the area of the basin Nisava in the second half of the century it came to XX the fall of temperature, which would mean that the flow changes cannot explain the dominant influence of anthropogenic greenhouse effect. However, the discharge is related to the period, which began the decade later.

We have observed meteorological data for the period from 1961 to 2000. It has been noticed that the meteorological station in Nis still shows temperature increase of 0.0119°C per year. However, Nis became a big city with a definite increase in urban heat islands, which emphasized the regional temperature changes. The hydrological profile of Bela Palanka does not have hydrological station of the first order, while the profile of Pirot has interrupted observation. The only weather station in the Nisava basin with continuous series of data that is not disturbed by growth of the urban heat island is Dimitrovgrad. In station the trend of temperature in the period from 1961 up to 2000 was also negative (-0.0012°C per year).

Although this change is statistically insignificant, the sign change is not in accordance with a thesis of the dominance of anthropogenic greenhouse effect. This means that any changes in discharge, at least in the upper part of the Nisava basin in the period of research, cannot be explained by this effect. However, Dimitrovgrad, has complete data from the 1949 up to 2007. In that period, according to the IPCC's claims present a growing influence of greenhouse gases. The trend of temperature in the entire monitoring period is insignificant -0.0049°C per year, which does not fit to the concept of dominance of anthropogenic greenhouse gases. Even more, the trend of rainfall in the entire period, changes sign from negative to positive and growing at a rate of 0.1175 mm per year, so he does not fit in the concept of domination of the global anthropogenic impact on regional models of the IPCC and a Hydro-meteorological Institute.

It is interesting that in Dimitrovgrad in the last ten years, since 1998 to 2007 still present the fall of temperature (-0.0132°C per year). However, periods shorter than standard meteorological series of thirty years are not reliable and may create a false picture of long-term changes. Because of that we observed thirty years running periods, with a displacement of one year. It turned out that the period 1949-1978 is approximately 0.2°C warmer than the last, 1978-2007. It definitely does not indicate the presence of growing anthropogenic greenhouse effect, but is still concerned, primarily, on the natural cycle of climate shifts, which may mean that the dry episodes of different intensity appeared before.

In the neighboring countries researchers have got similar results.

A joint investigation carried out by the Sofia Institute of Meteorology and Hydrology (Alexandrov and Dakova) and the Istanbul Technical University (Askoy and Dahamshed) clearly indicates an annual decrease of air temperature and precipitation, during the period 1961-2000, in the Southern part of the Bulgaria and in the North-Western part of Turkey, as well as some drought episodes during the 20th century.

Nevertheless, Trajanoska from the Macedonian Hydrometeorological Services (Skopje) and Kaeviski from the Macedonian Water Development Institute (Skopje), using statistics methods, did not observed any significant change.

Stojov (Fyr Macedonia, Hydrometeorological Services, Skopje) observed that decreasing trend of precipitation in the Vardar river catchment, especially in the last decades (for the period 1961- 2000), has direct influence on water quantity in all stream flows in this region. This scientist considers that low water discharges, observed especially in the summer, can be related to global climate change but he underlines that continuous measurements on hydrological and meteorological parameters are needed to confirm this hypothesis.

Alexandrov (Bulgaria, National Institute of Meteorology and Hydrology, Sofia) provided an overview on climate variability and related drought in the Balkan Peninsula. Available hydro-meteorological data indicate that droughts have occurred frequently through the last century in Europe and that they are part of the climatic cycle, especially in Southern Europe.

Koleva, Alexandrov and Slavov (Bulgarian National Institute of Meteorology and Hydrology) investigated annual and seasonal precipitations in the lowest and highest areas of Bulgaria. They observed several dry events during the 20th century, mainly in the 1942-1950 and the 1982-1994 periods. For instance, during the 1982-1994 period, rainfalls decreased by 50% in respect to "normal" ones.

And numerous other authors have shown that the last decade, and longer periods is not anything dramatic happens, and that is simply a cyclical change.

Cluis and Laberge (2001) used discharge records from the database GRDC³ in Koblenz to determine whether there was intensification of Earth's global hydrological cycle due to global warming. The study included 78 rivers across the Asia-Pacific region. Mean start date was 1935 ± 5 years, and the final in 1998 ± 1 year, which represents semi-centennial time span. Results showed that the middle river discharge was unchanged in 67% of cases, and in cases where there were trends - 69% was descending. Maximum river discharge was unchanged in 77% of cases, where there were trends 72% of them were descending. Minimum river discharge was unchanged in 53% of cases, while in cases where they were trends - 62% were growing. This prompted them to conclude that the changes of discharge in contradiction with the results of the IPCC.

Pekarova et al. (2003) have observed changes in discharge in 11 rivers of West and Central Europe and 6 rivers in Eastern Europe. The analyzed data do not show a significant change of discharge in the period 1810-1990. For the Rhine and Danube was noticed that under the strong influence of the Alps they have similar variability of discharge. Decreasing in discharge was observed only on the Dnieper, Don and Volga in the period 1881-1990. The other major rivers have not shown any increase or decrease in flow, but only a cyclical alternation of dry and wet periods.

Walling and Fang (2003) have, in addition, to analysis of suspended sediments in 145 the world's major rivers, at the same time observed and changing in river discharge on them. In 145 rivers, 100 of them showed stable values of flow, while the 45 rivers in which the observed changes - 32 showed a decrease in flow values, which is not in accordance with the results of the IPCC.

Milliman et al. (2008) have observed the discharge of rivers in the global ocean in the second half of XX century. The sample included 137 rivers draining about 56% of the global ocean. In the period 1951-2000, the cumulative discharge of these rivers remained statistically unchanged. Also, they said that the precipitation on the ground in that period were statistically unchanged. They concluded that discharge or precipitation did not change during the second half of the XX-century, which is not confirming the intensification of the global hydrologic cycle.

Studying the cyclical nature of water and dry periods on larger rivers in Serbia dealt Ocokoljic (1994). The Danube is processed in 150 years period in the Iron Gate, while the other rivers, 60 years period. In addition, "frequency of dry and wet periods was also investigated, with their classification of the amount of water, with reference to forecast changes in the characteristics of swelling in the coming years". They concluded that the very dry and very wet years in most of the river occur on average every 20-30 years. Forecasts to the Danube by the end of XX and the first decade of the XXI century we should expect more very dry years. On the Tisa and the Sava and the Velika Morava, Western Morava and

³ Global Runoff Data Centre

Ibar River, is more likely to appear very dry, than very wet year. The opposite conclusion is the Drina and Lim River, where the dry period was expected. However, the Nisava River and Crnica can experience very dry and very wet periods.

Salvai et al. (1994) have analyzed the cyclical nature of major rivers of Yugoslavia on a sample of 4 stations for the period 1931-1990. The station Bezdan (Danube River) showed periods of 14 and 30 years, Senta (Tisza River) 14 and 38 years, Sremska Mitrovica (Sava River) 14, 20 and 36 years, for Ljubičevski most (Velika Morava River) 8, 14 and 20 years. On this basis they concluded that "the annual discharge of these rivers is cyclic, with more or less expressed periods". They indicated that when statistical analysis is needed for each series determined by applicable period because of the different characteristics of catchments and average annual discharge regime. They stated a hypothetical conclusion, that the extrapolation of integral functions model discrepancies' in that period since 1994 in analyzed rivers we can expect the emergence of larger average annual flow and a period of 4 to 7 years". Salvai work from 2000⁴ gave the same conclusions for the period 1931-1998. It is believed that "in the coming period since 2007 and a period of 4 to 7 years, can expect a smaller mean annual flow, and thus the lack of favorable rainfall in a river basin". At the end of this they state that this should be understood, however tentatively.

Ducic et al. (2006) have studied long term discharge in hydrological gauge Orsava flow the Danube River for the period 1841-2000. The authors said that "a strictly mathematical perspective, the changes in Orșova discharge of the Danube, and other hydrological indicators can be considered statistically insignificant. Nevertheless, although changes are statistically insignificant, they are existing and are subjected to interpretation". Analysis of possible anthropogenic influences concluded that the discharge increased and became less extreme. Similar results have come by Ducic and Nikolic (2007).

Isailovic and Srna from the Institute for Water Management "Jaroslav Cerni"⁵ in their project included analysis of trends in average annual discharge at several stations for a series of data in the period 1931-1994. They observed that for all stations except in those at the Tisza River, there is negative trend. Concern about the reduction of discharge is increased with the appearance of dry period that began 1982. In contrary the short period during the 155 years of the Danube (Orșova) observed a slightly increasing trend, but it is statistically insignificant. At the end of the conclusion that the dry period may not be entirely attributed to climate change, but "probably in good part a consequence of the usual fluctuations of swelling" where you should ignore the global changes in the atmosphere.

Smith et al. (2006) have analyzed the history of global rainfall during the period 1979-2004. Found that the largest variations of rainfall "associated with ENSO (El Niño Southern Oscillation) and doesn't have a trend". The variations that are not associated with ENSO and exhibit a trend, consider that this trend was "associated with increased rainfall over the tropical Pacific and Indian Oceans associated with the local heating of the sea". They concluded that this increase is compensated by reducing rainfall in other regions where the average "global change" close to zero.

Media campaign on the current strong droughts led the Hisdal et al. (2001) to examine what the data show for Europe. These were conducted analysis of more than 600 daily discharge records from EWA⁶ to determine trends in volume, length and frequency of drought during the four periods: 1962-1990, 1962-1995, 1930-1995 and 1911-1995. They argue that despite some reports of droughts in mid 1980s and early 1990s, there are clear indications that dry conditions will become more intensive and frequent. State that the

⁴ The paper "The investigation of periodicity in average annual discharge" has been received by E mail from the author.

⁵ www.jcerni.co.yu/projects/emon2.pdf

⁶ European Water Archive

number of negative trends (which means less dry events) exceeds the number of positive significant trends.

Regarding the causes of contemporary climate change and discharge, they could be related to changes in ocean and atmospheric general circulation.

According to IPCC projections for the region of Southern Europe in the future will be affected by high temperatures and droughts. Ducic and Radovanovic (2005) have got correlation coefficient of 0.14 between the annual amount of rainfall in Belgrade and the concentration of CO₂. The coefficient of determination is 0.019 which means that changes in the concentration of CO₂ explain 1.9% of the amount of rainfall fluctuations decade. If you look regionally, increase the amount of rainfall was recorded at stations in the southwest, west and north-west of Serbia (closer to the source of moisture). Four stations have a reduction of over 100 mm, of which 3 are located in the southeastern and eastern Serbia (Vranje, Zajecar and Negotin). The authors concluded that the reasons should be primarily searched in the changes of atmospheric circulation.

Curic (1998) investigated the possible influence of El Niño on the climate in Serbia. The author compared the sequences of rainfall and temperature in Belgrade and Nis in the period 1951-1997 with the characteristics of El Niño during this period. He concluded that there is no substantial similarity between the trends of these events, although a lot of time in a match occurs with the appearance of El Niño. In his opinion, the deviations of the climatic elements do not exhibit the same time, and El Niño, but with some delay. As a reason for it the author states to influence the mechanism of transmission of El Niño, which is not always the same, or is going the same speed.

Ducic et al. (2006) investigated the relationship between ENSO and the NAO index with decadal variability of precipitation in Serbia in 20 meteorological stations. Statistically significant trend of precipitation was observed only at 2 stations (10%), which is in accordance with the IPCC report that is difficult to determine a significant trend of rainfall for the European region. He concluded that in the period 1951-2000 ENSO explains 79% variability of rainfall in Serbia, "which leaves little room for any direct anthropogenic influence". Assume that during the summer of the Atlantic pronounced impact on precipitation, while in the winter is under the influence of the Atlantic and Indo-Pacific.

Apart from changes in circulation, the factors of rainfall and river flow fluctuations should be searched in changes of solar activity. Ducic (2005) has noticed in reconstructed series of Danube River discharge 20 years periodicity up to 1731, which could be related to the changes of the center of mass of the solar system.

Ducic et al. (2007) in the discharge of the Danube River at Orşova find a link between the index showing the amount of water and solar latitudes, while Ducic and Marjanovic (2009) have found that the discharge of the Danube River at Bezdán is corresponding to AA index as an indicator of solar wind.

Conclusion

Climate change in the world recently excites reasonable attention. In the foreground are the catastrophic variant of future changes, based on the hypothesis that the man in the second half of the XX century the dominant influence on climate. However, in the Nisava drainage basin, these changes are somewhat different from the usual performance based on projections given by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Annually to all three profiles (Pirot, Bela Palanka and Nis) observed decrease in discharge in the observed period (1961-2000). This would be consistent with the allegations and the IPCC, the dominant influence of anthropogenic greenhouse effect on reducing discharge in rivers of Serbia.

The only weather station in the Nisava basin that has continuous series of data not disturbed by growth of the urban heat island is Dimitrovgrad. This station shows the trend of temperature in the period since 1961 to 2000, negative (-0.0012 °C per year).

Although this change is statistically insignificant, the sign of change is not in accordance with a thesis of the dominance of anthropogenic greenhouse gases. This means that any changes in discharge, at least in the upper part of the basin Nisava in the period of research, cannot explain this effect. However, Dimitrovgrad has complete data from the 1949 to 2007. In that period, according to the IPCC's claims of present growing influence of greenhouse gases. The trend of temperature in the entire monitoring period is insignificant -0.0049 °C per year, which does not fit to the concept of dominance of anthropogenic greenhouse gases. Even more the trend of rainfall in the entire period, changes sign from negative to positive and growing at a rate of 0.1175 mm per year, so he does not fit in the concept of domination of the global anthropogenic impact on regional models of IPCC

Based on our results as well as on the results of other researchers we can conclude that in recent decades is not anything dramatic happening with climate, and present changes may be related to natural cycle. In this regard, and projections of possible climate change in the future lat of potentials factors should be taken into account.

References

See References on page 265