

¹ Nebojša Veljković, Tihomir Popović, Milorad Jovičić, Tatjana Dopuđa-Glišić

* UTICAJ KLIMATSKIH FAKTORA NA KVALITET VODOTOKOVA POMORAVLJA: ANALIZA METODOM ${}_sSWQI_{RB}$

REZIME

Cilj rada je da se novim metodološkim pristupom na primeru slivova Pomoravlja prezentuju rezultati istraživanja koji pokazuju uticaj unutargodišnje neravnomernosti proticaja malovodnog i viševodnog perioda na kvalitet vodotokova. Osnovni klimatski faktori, temperatura vazduha i padavine predstavljeni su normalizovanim odstupanjem od standardne klimatološke normale za period 1951–2011. godina. Metodom ponderisane aritmetičke sredine faktorom proticaja analiziran je indikator *Serbian Water Quality Index* za period 2001-2010. godina za malovodni i viševodni period na nivou slivova reka Južne, Zapadne i Velike Morave. Ovako sračunat sezonski indikator ${}_sSWQI_{RB}$ reprezentuje razlike u kvalitetu na nivou slivova Pomoravlja.

Ključne reči: klimatske promene, *Serbian Water Quality Index*

CLIMATE IMPACT FACTORS ON QUALITY OF POMORAVLJE CATCHMENTS RIVERS: ${}_sSWQI_{RB}$ ANALYSIS METHOD

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the results of studies that show the impact of uneven flow of lowflow and highflow period on the quality of the catchment with the new methodological approach on Pomoravlje catchment case study. The main climate factors, air temperature and precipitation are presented with normalized deperature from standard climatological normals N61-90, for the period 1951 – 2011. Indicator *Serbian Water Quality Index* is analyzed for the period 2001-2010 for lowflow and highflow period at the catchments Južna Morava, Zapadna Morava and Velika Morava with the method of pondered arithmetic mean with flow factor. Seasonal indicator ${}_sSWQI_{RB}$ calculated in this way represents the differences in the quality on the Pomoravlje catchment.

Key words: Climate change, *Serbian Water Quality Index*

UVOD

Globalna kriza vode je već danas međunarodni problem i odražava se u obezbeđenju osnovnih potreba stanovništva, pre svega u južnoj hemisferi planete, ali vodni resursi kao ograničavajući faktor razvoja postaju dominantna stavka u planiranju i najrazvijenih zemalja. Neravnomernost tokova vode u vremenu je karakteristika u svim oblastima sveta, što veoma utiče na pouzdanost obezbeđenja godišnjih količina namenjenih različitim korisnicima. Evropa poseduje svega 8% svetskih obnovljivih slatkovodnih resursa, a istovremeno učestvuje sa 15% u ukupnoj svetskoj potrošnji. Dostupnost kvalitetne vode značajno varira između pojedinih zemalja i između pojedinih regiona u istoj zemlji. Nacionalne statistike pokazuju da neke evropske zemlje, kao što su Kipar (64%), Belgija (32%), Španija (30%) i Italija (24%), već koriste znatan deo svojih vodnih resursa. [1]

* Objavljeno u časopisu *Voda i sanitarna tehnika*, broj 5-6/2012, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd.

¹ Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine/Agencija za zaštitu životne sredine

Veza između ekonomskog i društvenog razvoja i specifične potrošnje vode po ekvivalentnom stanovniku varira u svetu u dosta širokom spektru, od 40-50 m³ po stanovniku godišnje u najnerazvijenijim zemljama, prosečno 700m³ po stanovniku godišnje u Evropi do ekstremno velike potrošnje u SAD od oko 2.500m³ po stanovniku zbog velike potrošnje u poljoprivredi i industriji. Problem se još dramatičnije zaoštrava nepovoljnim odnosom količina domicilnih i tranzitnih voda što dodatno usložnjava uslove održivog korišćenja vode kao obnovljivog resursa. Dobar primer je Srbija na čijoj se teritoriji formira protok od oko 16 milijardi m³ domicilnih voda, što iznosi svega 8% od ukupnog otcajaja sa teritorije Srbije. Odnos domicilnih količina vode i broja stanovnika daje specifičnu raspoloživost sopstvenih površinskih voda od oko 1.500m³ po stanovniku godišnje što nas svrstava u siromašnija područja Evrope.[2] Međutim, situacija je još nepovoljnija kada se uzme u obzir prostorna i vremenska neravnomernost proticajaja, a posebno dugo trajanje malih voda. Poznavanje malih voda je od posebnog značaja za zaštitu kvaliteta vodotokova jer u tom periodu oni imaju najmanju sposobnost samoprečišćavanja. Mesečne male vode 95%-ne obezbeđenosti na pojedinim profilima reka u slivu Južne, Zapadne i Velike Morave spuštaju se na samo oko 6-15% od prosečnih vrednosti proticajaja, što uslove održivog korišćenja voda čini izuzetno složenim. Za Srbiju je karakteristično da domicilnih voda ima najmanje tamo gde su potrebe najveće, a to su Vojvodina i region Pomoravlja. Ovo su delovi zemlje sa najrazvijenijom industrijom i prehrambenom proizvodnjom i poljoprivredom koja je skoncentrisana oko najvećih administrativnih centara.

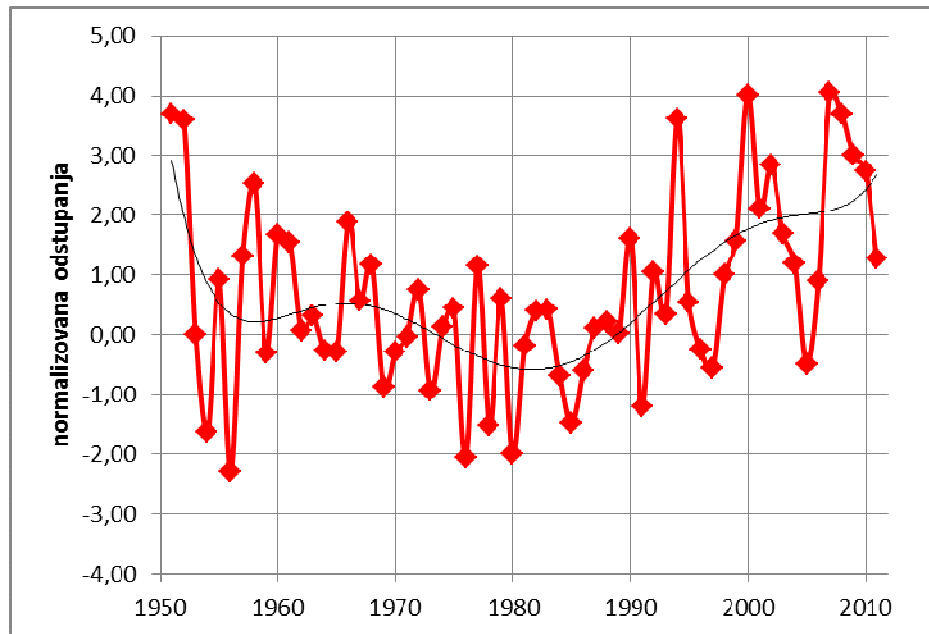
Predmet rada je analiza promene kvaliteta površinske vode slivova i uticaja klimatskih faktora na režimske karakteristika proticajaja reka Pomoravlja (slivova Južne, Zapadne i Velike Morava). Malovodni (jun-december) i viševodni (januar-maj) period je analiziran za period 1951-2010. godina. Cilj rada je da se novim metodološkim pristupom na primeru slivova Pomoravlja prezentuju rezultati istraživanja koji pokazuju uticaj unutargodišnje neravnomernosti proticajaja malovodnog i viševodnog perioda na kvalitet vode slivova.

KLIMATSKE KARAKTERISTIKE I REŽIM POVRŠINSKIH VODA U SLIVU POMORAVLJA

Na količine i kvalitet površinskih voda u slivu utiču prirodni činiooci, a najintenzivnije: geografski položaj, reljef zemljišta, temperatura vazduha, padavine i razni antropogeni uticaji. Sliv reka Pomoravlja (Južna, Zapadna i Velika Morava) se približno nalazi između 42° 28' i 44° 43' severne geografske širine i 19° 33' i 23° 00' geografske dužine. Na ovoj teritoriji se sreću raznoliki tipovi reljefa, od nizijske oblasti u zoni uliva Velike Morave u Dunav (oko 70 m.n.m) do brdovitih terena i dolina idući na jug i planinskih oblasti u zapadnim, južnim i istočnim delovima. Sliv reka Pomoravlja obuhvata površinu od 37.444 km² (od čega 1.237 km² u Bugarskoj i 44 km² u Makedoniji), što je 42,38 % od površine Srbije i predstavlja najznačajniji vodoprivredni potencijal. Pojedine doline reka Pomoravlja, od najvećih doline Zapadne Morave i Nišave do niza manjih, pružaju se meridijalno pa zato prodori hladnog vazduha sa severa prema jugu u velikoj meri ublažavaju termičke razlike u regionu slivova. Najveći deo regiona Pomoravlja pripada klimi umerenog pojasa sa raspodelom temperature vazduha uslovljenom uglavnom reljefom, a manje uticajem geografske širine.

Prikaz i analiza klimatskih faktora koji utiču na vodni bilans slivova Pomoravlja, u ovom radu, zasnovan je na rezultatima sistematskih meteoroloških merenja realizovanih na Glavnim (sinoptičkim) meteorološkim stanicama Smederevska Palanka, Kragujevac, Čuprija, Požega, Kraljevo, Kruševac, Niš, Dimitrovgrad, Leskovac i Vranje.

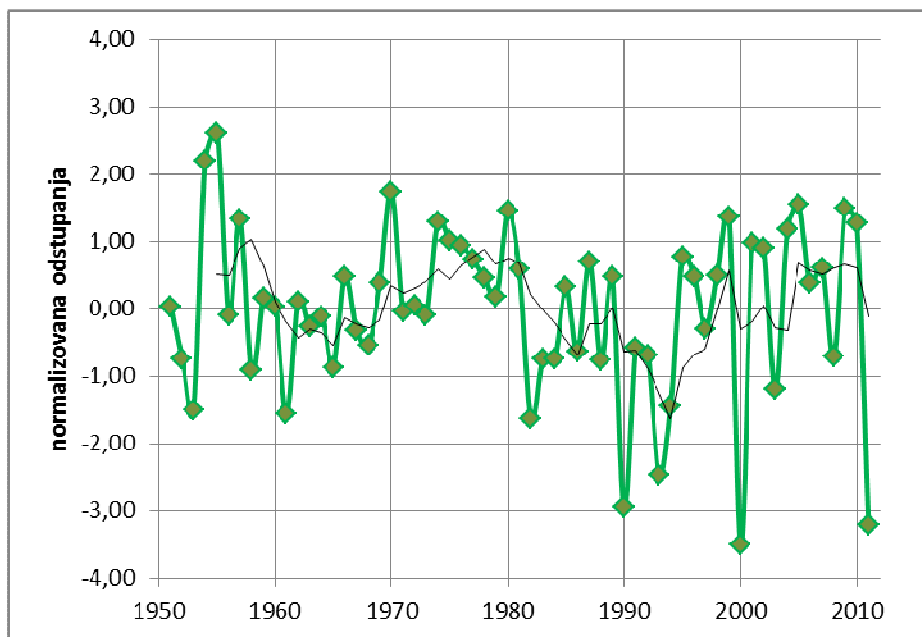
Prosečne godišnje temperature vazduha za region Pomoravlja, predstavljene normalizovanim odstupanjem od standardne klimatološke normale N61-90, date su za period 1951–2011. godina. (Grafikon 1)



Grafikon 1. Temperaturni uslovi za region Pomoravlja: period 1951–2011.

Sa grafikona je uočljivo da od početka obrađenog niza podataka do 1983. godine temperature vazduha imaju opadajući trend. Od 1983. godine počinje porast godišnje temperature vazduha koji i danas traje. Unutar ovog istraživanja, u periodu od 2001 do 2010. godine vrednosti temperature vazduha su dominantno više od proseka. Analiza pokazuje da su 2007, 2008 i 2009. godina ekstremno tople godine (Grafikon1, normalizovana odstupanja veća od +3), a 2001, 2002 i 2010. godina veoma tople (Grafikon1, normalizovana odstupanja između +2 i +3), dok su toplije od normale bile 2003, 2004 i 2011. godina (Grafikon1, normalizovana odstupanja između +1 i +2). Znači da su u granicama normale bile 2005 i 2006. Godina (Grafikon1, normalizovana odstupanja između -1 i +1).

Padavine su jedna od najvažnijih klimatskih karakteristika i s obzirom na karakteristike reljefa regiona Pomoravlja nisu najpravilnije raspoređene u prostoru i vremenu. Hod suma godišnjih količina padavina za region Pomoravlja, predstavljenih normalizovanim odstupanjem od standardne klimatološke normale N61-90, dat je za period 1951–2011. godina. (Grafikon 2).



Grafikon 2. Ocena količina padavina za region Pomoravlja: period 1951–2011.

Uz izražene oscilacije, prosečne godišnje sume padavina do 1980. godine imaju rastući trend, a potom do 1994. godine opadajući trend, a nakon toga, opet generalno dominira tendencija rastući trend. Pri tome treba imati u vidu da su padavine, u poređenju sa temperaturom vazduha, klimatski element sa mnogo izražajnijim oscilacijama. To dobro ilustruje 2000. godina sa ekstremno jakom sušom koja se javila u periodu sa tendencijom porasta godišnjih vrednosti padavina. U periodu 2001-2010. godina dominiraju vrednosti godišnjih suma padavina veće od proseka, ali najčešće u granicama normale, dok su kišnije od normale bile 2004, 2005, 2009 i 2010. godina.

Ovi rezultati analiza klimatskih uslova u regionu Pomoravlja ukazuju da rasprave o klimatskim promenama izazivaju opravdanu pažnju javnosti, medija i naučnih krugova. Na osnovu višegodišnjih istraživanja *Međuvladin panel za klimatske promene* (The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) je u svom *Četvrtom izveštaju* (2007) zaključio da su klimatske promene u drugoj polovini 20. veka pod dominantnim antropogenim uticajem. [3] Prema ovom izveštaju porast globalne temperature je posledica emisije gasova sa efektom staklene bašte, najvećim delom nastalih sagorevanjem fosilnih goriva.

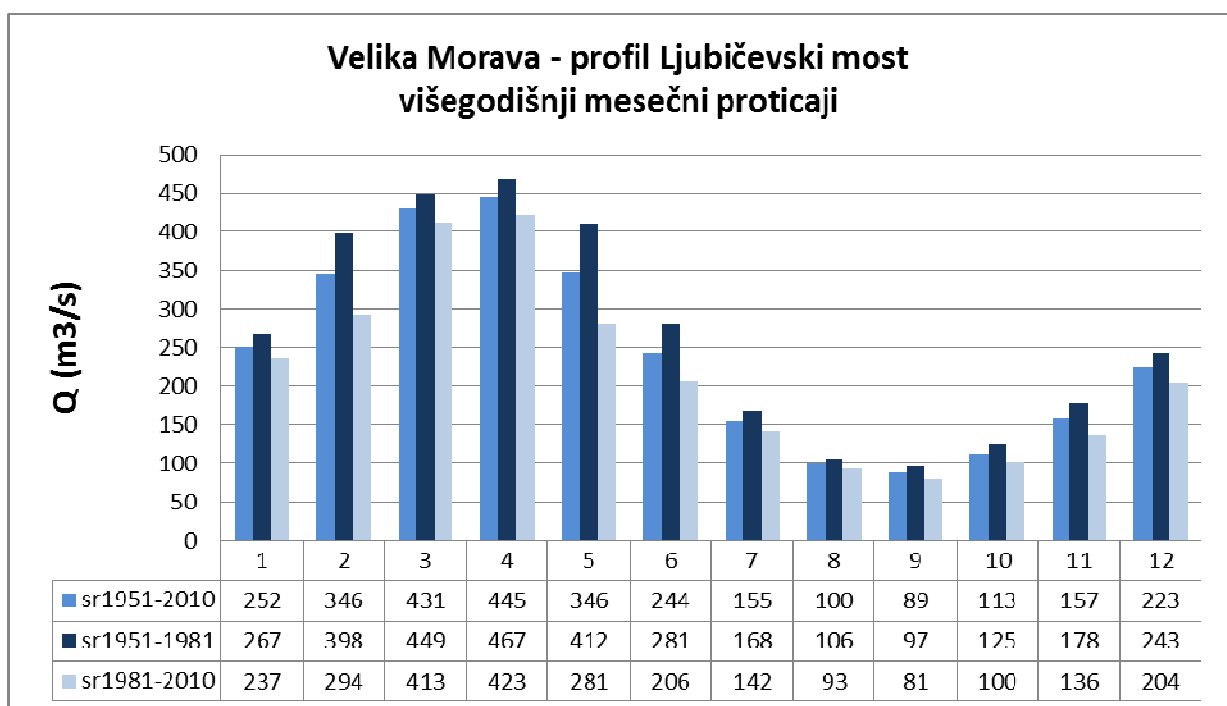
Rezultati numeričkog modeliranja klime po nekom od scenarija IPCC korišćeni su u radovima koji analiziraju projekcije vrednosti osnovnih klimatskih elemenata u budućim decenijama za našu zemlju. U ovim radovima je data procena da će do kraja veka srednja godišnja temperatura vazduha za područje Srbije, ukoliko se koncentracije GHG gasova budu uvećavale po jednom od blažih scenarija (A1b) biti veća za 2.6 °C. Otopljanje neće biti ravnomerno tokom godine, pa će leto biti toplije za 3.5 °C, jesen za 2.2 °C, zima za 2.3 °C, a proleće za 2.5 °C. [4], [5]

Za razliku od temperature, čiji se rast očekuje u celoj Evropi, procene promene padavina su složenije. Ipak, postoji izražena saglasnost u procenama da će doći do izraženog smanjenja letnjih padavina u širem području Mediterana i Balkanskog poluostrva. [6], [7] Prema ovim procenama tokom zime se može očekivati blagi porast količina padavina u severnim delovima Srbije, tokom leta smanjenje, dok će

izražajnije smanjenje padavina biti u centralnim i jugoistočnim delovima zemlje. Iznos smanjenja letnjih padavina po najnepovoljnijem scenariju premašuje 50% sadašnjih normala.

Ovakve projekcije klimatskih promena imaće negativne efekte na zapreminu godišnjeg vodnog bilansa, jer su ranija istraživanja pokazala da se sa teritorije Srbije prosečno izgubi putem evapotranspiracije oko 75% padavina, odnosno da otiče samo 25% padavina. Za slivove regiona Pomoravlja najmanje oticanje od bruto padavina je u slivu Velike Morave i iznosi svega 17%, sledi sliv Južne Morave sa 29%, i najveće oticanje je 33% sa sliva Zapadne Morave. [8]

Vodnost kao karakteristiku određenog slivnog područja najbolje prezentuje pokazatelj prosečni proticaj. Na bazi osmatranja i merenja na hidrološkoj stanici Ljubičevski most, u periodu 1951-2010. godina, sračunati su srednje mesečni proticaji i urađen histogram za izabrane periode. [9] (Grafikon 3)



Grafikon 3: Višegodišnji srednji mesečni proticaji reke Velike Morave na profilu Ljubičevski most

Analiza prosečnog proticaja je urađena za tri višegodišnja niza, period 1951-2010, period 1951-1981 i period 1981-2010, da bi se uočila veza vodnog režima i klimatskih karakteristika u istom periodu. Histogram višegodišnjih mesečnih proticaja reke Velike Morave na profilu Ljubičevski most jasno pokazuje da su u periodu 1981-2010. manji srednji mesečni proticaji u odnosu na period 1951-1981. Analiza pokazuje da je višegodišnji prosečni proticaj Velike Morave na profilu Ljubičevski most u periodu 1981-2010 manji za 18% u odnosu na period 1951-1981 i manji za 10% u odnosu na period 1951-2010.

Rezultati ove analize ukazuju na znatno smanjenje vodnosti reka Pomoravlja, ali i karakteristiku režima sa izraženim sezonama bogatijim i siromašnijim vodom. Metodom normalizovanog odstupanja mesečnih vrednosti proticaja u toku godine na profilu Ljubičevski most dobijaju se dva kalendarska perioda, malovodni (jun-decembar) i viševodni (januar-maj).

ANALIZA KVALITETA VODOTOKOVA POMORAVLJA METODOM $sSWQI_{RB}$






Vodni resursi Pomoravlja nastaju na našoj teritoriji i mogu se u potpunosti kontrolisati sa gledišta količina i kvaliteta. Ova karakteristika vodnog režima moravskog sistema Srbije, uz smanjenje vodnosti u prethodnim decenijama, ukazuje na značaj primene kompozitnih indikatora koji metodološki objedinjuju regionalne unutargodišnje neravnomernosti proticaja i kvaliteta reka slivova.

Metodologija

Za ocenu kvaliteta površinskih voda korišćen je indikator *Serbian Water Quality Index (SWQI)* koji je namenjen izveštavanju javnosti, stručnjaka i donosioca političkih odluka (lokalna samouprava, državni organi). Dosadašnja istraživanja i objavljeni rezultati pokazuju da se primenom ove metode može dobiti sveobuhvatna predstava stanja kvaliteta površinskih voda sa analizom trenda.[10] Metodom *SWQI* deset odabranih parametara (zasićenost kiseonikom, BPK₅, amonijak, pH vrednost, oksidi azota, fosfati, suspendovne materije, temperatura, provodljivost i koliformne bakterije) svojim kvalitetom (q_i) reprezentuju osobine površinskih voda svodeći ih na jedan indeksni broj.

Udeo svakog od deset odabranih parametara na ukupni kvalitet vode nema isti relativni značaj, zato je svaki od njih dobio svoju težinu (w_i) i broj bodova prema udelu u ugrožavanju kvaliteta. Sumiranjem proizvoda ($q_i \times w_i$) dobija se indeks 100 kao idealan zbir udela kvaliteta svih parametara. Kvalitet voda je na osnovu ove skale prema nameni i stepenu kvaliteta razvrstan u pet opisnih indikatora. (Tabela 1)

Tabela 1: Numerički i opisni indikator kvaliteta površinskih voda *Serbian Water Quality Index*

	Numerički indikator	Opisni indikator	Boja
<i>Serbian Water Quality Index</i>	100 - 90	<i>Odličan</i>	
	84 - 89	<i>Veoma dobar</i>	
	72 - 83	<i>Dobar</i>	
	39 - 71	<i>Loš</i>	
	0 - 38	<i>Veoma loš</i>	

Kvalitet vode na pojedinačnim mernim stanicama reka u slivu, pored antropogenih uticaja, zavisi i od hidroloških uslova. Kod izračunavanja srednje vrednosti indikatora *SWQI* rečnog sliva, za hidrološki ciklus (sezonski), potrebno je uzeti u obzir i uticaj proticaja na mernim stanicama sliva sa kojih se osrednjava kvalitet. Reka sa većim proticajem ima veći uticaj na opšti nivo kvaliteta celog sliva. Zbog toga je metodološkim pristupom usvojena metoda ponderisanja indikatora $SWQI_{1-k}$ sa svake stanice, uzimajući u obzir proticaje sa svake pripadajuće merne stanice. Indikator $SWQI_{1-k}$ za svaku mernu stanicu se ponderiše (vaga) *ponderacionim faktorom proticaja*, koji se dobija iz odnosa proticaja date merne stanice i odgovarajućeg proticaja na izlaznom profilu sliva. Na ovaj način se izračunavanjem srednje vrednosti kvaliteta sliva metodom ponderisanja kvalitetu vode dodeljuje proticaj kao odgovarajući faktor važnost. Formula za izračunavanje indikatora $SEASONALSWQI_{RIVER\ BASIN\ (RB)}$ postupkom ponderisane aritmetičke sredine biće:

$${}_sSWQI_{RB} = \frac{SWQI_1 \times \alpha_1 + SWQI_2 \times \alpha_2 + \dots + SWQI_i \times \alpha_i + \dots + SWQI_k \times \alpha_k}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i + \dots + \alpha_k} = \frac{\sum_{i=1}^k SWQI_i \times \alpha_i}{\sum_{i=1}^k \alpha_i}$$

gde je:

- ${}_sSWQI_{RB}$ sezonski indikator kvaliteta vode rečnog sliva,
- $SWQI_{1-k}$ indikator kvaliteta vodotoka na mernim stanicama sliva, a
- α_{1-k} ponderacioni faktor proticaja.

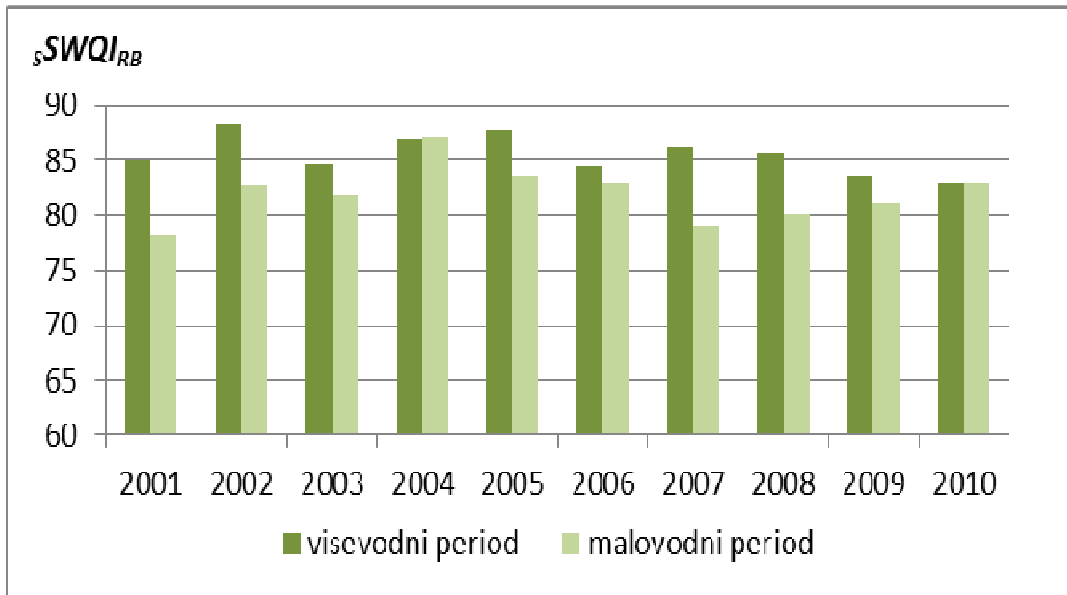
Ovako sračunat ${}_sSWQI_{RB}$, za ceo rečni sliv uzima u obzir odgovarajuće važnosti pojedinih proticaja na mernim stanicama, tako što proticaj kao relativni ponder pokazuje odgovarajući udeo pojedinačnog proticaja sa te merne stanice na kvalitet rečnog sliva kao celine. Za određivanje mogućeg trenda promene kvaliteta (rastući, opadajući, beznačajan) korišćen je neparametrijski Mann-Kendall test. Ova metoda omogućuje testiranje hipoteze o postojanju trenda zajedno sa neparametrijskom Sen'S metodom za ocenu nagiba (intenziteta) trenda. Sen'S-ovom metodom za neparametrijsku ocenu nagiba izračunavaju se nagibi svih parova vremenskih tačaka, a zatim se prosek (medijana) ovih nagiba koristi kao ocena ukupnog nagiba. [11], [12]

Rezultati i diskusija

Istraživanje obuhvata analizu kvaliteta vode reka Pomoravlja sa slivova Južne, Zapadne i Velike Morave, korišćenjem fonda podataka RHMZ Srbije za period 2001-2010. godina. [13] Za proračun su korišćeni podaci o kvalitetu voda uzorkovanim u proseku jednom mesečno prema odgovarajućim parametrima metode *Serbian Water Quality Index* i sračunat indikator $SWQI_{1-k}$ za svako merno mesto na mesečnom nivou. (Slika 1) Postupkom ponderisane aritmetičke sredine, korišćenjem odgovarajuće formule, sračunat je sezonski indikator kvaliteta vode rečnog sliva ${}_sSWQI_{RB}$ za malovodni (jun-decembar) i viševodni (januar-maj) period. Rezultati istraživanja su prezentovani na histogramima gde su na ordinati predstavljene vrednosti sezonskog indikatora kvaliteta vode rečnog sliva ${}_sSWQI_{RB}$. (Grafik 1-3)

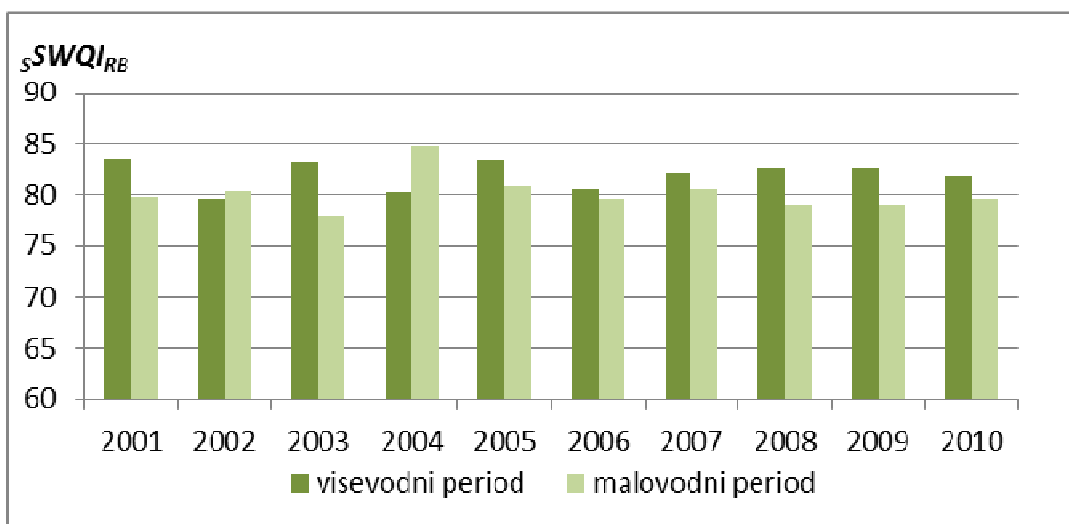


Slika: Region Pomoravlja sa slivovima Južne, Zapadne i Velike Morave i mrežom monitoring stanica za kvalitet vode



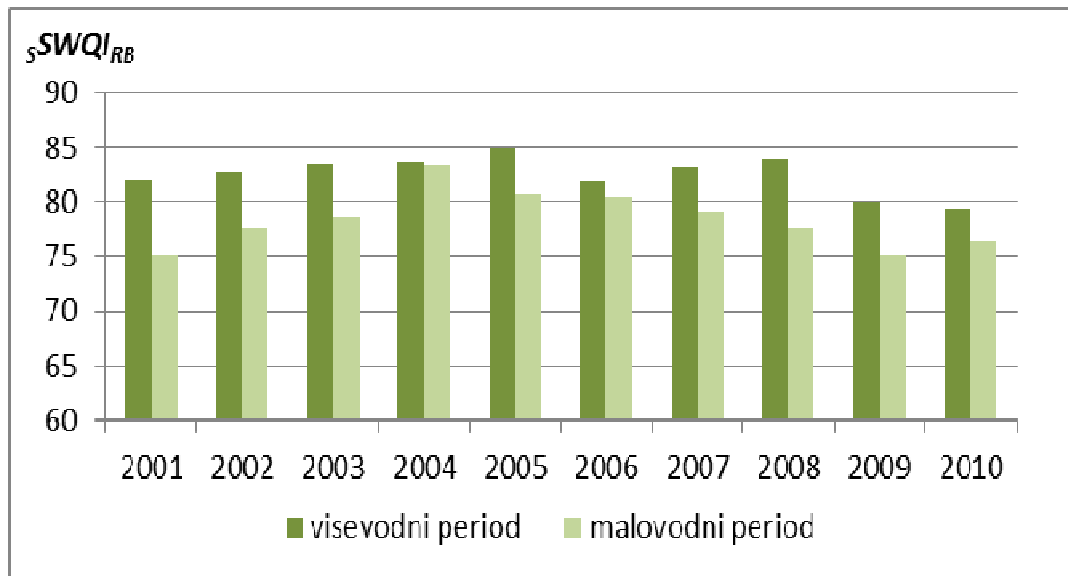
Grafik 1: Vrednosti sezonskog indikatora kvaliteta vode sliva Južne Morave

Sezonski indikator $sSWQIRB$ za sliv Južne Morave pokazuje jasno izraženu razliku vrednosti između malovodnog (jun-december) i viševodnog perioda (januar-maj). (Grafik 1) Najizraženija razlika u kvalitetu je bila 2001. i 2007. godine, pri čemu je 2007. godine u malovodnom periodu kvalitet bio *dobar* ($sSWQIRB$ 79) i u viševodnom periodu *veoma dobar* ($sSWQIRB$ 84). (Grafik 1)



Grafik 2: Vrednosti sezonskog indikatora kvaliteta vode sliva Zapadne Morave

Sliv Zapadne Morave pokazuje ujednačeniji kvalitet viševodnog i malovodnog perioda u odnosu na ostala dva sliva regiona Pomoravlja. Posebno je karakteristična 2004. godini u kojoj je kvalitet je vode u malovodnom periodu ($sSWQI_{RB}$ 85) bio bolji od kvaliteta u viševodnom periodu ($sSWQI_{RB}$ 80). (Grafik 2)



Grafik 3: Vrednosti sezonskog indikatora kvaliteta vode sliva Velike Morave

Najslabiji kvalitet slivova regiona Pomoravlja je zabeležen u slivu Velike Morave u 2001. i 2009. godini, sa vrednošću sezonskog indikatora u malovodnom periodu $sSWQI_{RB}$ 75 - *dobar*. (Grafik 3)

Tabela 2: Srednje vrednosti $sSWQI_{RB}$ sezonskog indikatora kvaliteta vode slivova Pomoravlja

SLIV	PERIOD (2001-2010)			
	viševodni januar-maj		malovodni jun - decembar	
	$sSWQI_{RB}$	Trend	$sSWQI_{RB}$	Trend
Južna Morava	86	opadajući	82	bez
Zapadna Morava	82	bez	80	bez
Velika Morava	82	bez	78	bez
slivovi Pomoravlja	83	bez	79	bez

Analiza srednjih vrednosti sezonskog indikatora kvaliteta vode za slivove Pomoravlja pokazuje da je najbolji kvalitet *veoma dobar* ($sSWQI_{RB}$ 86) u viševodnom periodu imao sliv Južne Morave, a najslabiji kvalitet sliv Velike Morave sa srednjom vrednošću malovodnog perioda *dobar* ($sSWQI_{RB}$ 78). (Tabela 2) Na kvalitet površinskih voda u slivu, osim sezonske promene hidrološkog režima, osnovni uticaj imaju izlivenne otpadne vode iz industrijskih i komunalnih kanalizacionih sistema. U slivu Pomoravlja je

u funkciji 15 komunalnih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (KPPOV), od svega 26 koliko je izgrađeno u Srbiji. Raspored ovih KPPOV u slivovima sa brojem stanovnika priključenih na njihove kanalizacione sisteme i ostvareni efekti prečišćavanja izraženi u ekvivalentnim stanovnicima (ES) daju sliku mera koje su preduzete na zaštiti voda. U slivu Južne Morave je u funkciji 6 KPPOV, i to: Bela Palanka (8.195 stan., 11.200ES), Vlasotince (11.349stan., 4.200ES), Dimitrovgrad (6.759stan., 5.320ES), Medveđa (2.529stan., 1.680ES), Sokobanja (7.375stan., 2.100ES) i Surdulica (11.241stan., 5.250ES). U slivu Zapadne Morave je u funkciji samo KPPOV u Gornjem Milanovcu (23.982stan., 31.500ES). U slivu Velike Morave je u funkciji 8 KPPOV, i to: Arandelovac – Banja (12.155stan., 8.750ES), Velika Plana (11.347stan., 22.400ES), Despotovac (2.836stan., 1.750ES), Jagodina (32.030stan., 28.350ES), Kragujevac (102.461stan., 70.000ES), Paraćin (15.175stan., 18.270ES), Svilajnac (8.925stan., 4.200ES) i Topola (3.795stan., 4.480ES). [14] U odnosu na ukupan broj stanovnika u regionu Pomoravlja, kanalizacionim sistemima sa KPPOV je obuhvaćeno svega 19% stanovništva. Kanalizacioni sistemi sa PPOV nisu izgrađeni u regionalnim administrativnim centrima, osim u Kragujevcu i Jagodini.

ZAKLJUČAK

Ako se budu ostvarile projekcije klimatskih promena za oblast Jugoistočne Evrope nastaviće se trend smanjenja vodnosti slivova u regionu Pomoravlja. Ovo će imati za posledicu produženje trajanja malovodnog perioda i još veće smanjenje malih voda u letnjem periodu. Istraživanje u ovom radu je potvrdilo da se metodom *Serbian Water Quality Index*, osim analize trenda i interpretacije rezultata opisnim indikatorom kvaliteta, dobijaju i pouzdani rezultati promene kvaliteta metodom sezonskog indikatora $sSWQI_{RB}$ koji reprezentuje razlike u kvalitetu na nivou slivova.

Ukoliko se nastavi trend sezonskih hidroloških varijacija u slivovima regiona Pomoravlja, koji će se manifestovati smanjenjem prosečnih proticaja, imaće za posledicu povećanje sezonske razlike kvaliteta vode zbog smanjenja prijemnog kapaciteta vodotoka u malovodnom periodu. Izražena neravnomernost vodnog režima slivova Pomoravlja se manifestuje viševodnim periodima bujičnog tipa i dugim periodima malih voda. Zbog izostanka prečišćavanja industrijskih i komunalnih otpadnih voda, dalje pogoršanje kvaliteta voda će imati za posledicu ugroženost principa održivog korišćenja ovog obnovljivog prirodnog resursa. Zbog ovako nepovoljnog vodnog režima slivova, koji će se u ovom veku još više zaoštavati, ključni objekti za upravljanje vodama u regionu Pomoravlja biće postojeće i novo izgrađene akumulacije sa godišnjim regulisanjem.

LITERATURA

- [1] *Towards efficient use of water resources in Europe*, EEA Report No 1/2012, Mar 13, 2012, p.40. <http://www.eea.europa.eu/publications/towards-efficient-use-of-water>
- [2] *Prostorni plan Republike Srbije 2010-2014-2021* (Nacrt), Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja i Republička agencija za prostorno planiranje, 2010. str. 75-78.
- [3] *Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm
- [4] Tihomir Popović, Momčilo Živković, Vladimir Đurđević, *Promena klime u Srbiji – Činjenice i očekivani uticaji (Climate change in Serbia – Facts and expected impacts)*, II Konferencija - Održivi razvoj i klimatske promene, Mašinski fakultet Niš, 13-15. septembar 2010, Zbornik radova, str. 79 – 83.
- [5] Vladimir Đurđević, *Regionalizacija klimatskih scenarija za oblast jugoistočne Evrope dinamičkim modelom*, Klimatske promene i njihov uticaj na vodne resurse, Udruženje MILUTIN MILANKOVIĆ, Beograd 11-13 septembar 2012, CD-ROM.
- [6] *Impacts of Europe's changing climate*, EEA Report No. 2/2004, 2004.
- [7] Rutger Dankers, Roland Hiederer ; "Extreme Temperatures and Precipitation in Europe: Analysis of a High-Resolution Climate Change Scenario", JRC Scientific and Technical Report, EC, 2008.
- [8] *Hidrološki bilans površinskih voda Srbije i njegove varijacije*, Dr Dragoslav Isailović, dipl. inž. građ., Predrag Srna, dipl. inž. građ, <http://jcerni.co.rs/srpski/projekti/mon2.pdf>
- [9] *Hidrološki godišnjak - površinske vode*, Republički hidrometeorološki zavod Srbije, 1951-2010.
- [10] (1) Veljković Nebojša D., *Sustainable development indicators: Case study for South Morava river basin*, Hemijska industrija, 2012, <http://www.doiserbia.nb.rs/issue.aspx?issueid=1336>
(2) *Serbian Water Quality Index*, <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=46&id=8006&akcija=showExternal>
- [11] *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*, United States Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information Washington, DC 20460 EPA/240/B-06/003, USA, 2006.
- [12] Steven Brauner, *Nonparametric Estimation of Slope: Sen'S Method in Environmental Pollution*, <http://www.webapps.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/smprimer/sen/sen.html>
- [13] Republički hidrometeorološki zavod, *Hidrološki godišnjak – 3. Kvalitet voda 2001-2010*, Beograd.
- [14] Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) u Srbiji– Anex 5, Vlada Republike Srbije, Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstvo i vodoprivrede, Plan upravljanja vodama za sliv reke Dunav, deo 1: Analiza karakteristika sliva Dunava u Srbiji (radna verzija), Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, decembar, 2011.