

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNIČKI FAKULTET U BORU

Ivana I. Mladenović-Ranisavljević

**VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA
KVALITETA VODE DUNAVA U SRBIJI**

doktorska disertacija

Beograd, 2012.

UNIVERSITY OF BELGRADE
TECHNICAL FACULTY IN BOR

Ivana I. Mladenović-Ranisavljević

**MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF
THE DANUBE WATER QUALITY IN
SERBIA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2012

Komisija za pregled i odbranu:

Mentor: dr Milovan Vuković, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

Članovi komisije: dr Nada Štrbac, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

dr Ljiljana Takić, docent,
Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu

Datum odbrane: _____

Zahvaljujem se svom mentoru dr Milovanu Vukoviću, van. prof., na značajnoj pomoći i temeljnom vođenju kroz proces definisanja i izrade disertacije, kao i dr Ljiljani Takić, docentu, dr Nadi Štrbac, red. prof., dr Stanku Žerajiću, docentu, dr Živanu Živkoviću, red. prof., dr Ivanu Mihajloviću, van. prof. i dr Đorđu Nikoliću, docentu na pruženoj podršci i korisnim sugestijama pri izradi ove doktorske teze.

Takođe dugujem veliku zahvalnost svojoj porodici i svojim roditeljima na strpljenju i bezuslovnoj ljubavi koju su mi pružali tokom rada na disertaciji.

Zbog neiscrpne energije, upornosti i znanja koje mi je preneo tokom čitavog procesa izrade ove disertacije, posebnu zahvalnost dugujem prof. dr Iliji Mladenoviću, svom ocu.

Ivana Mladenović-Ranisavljević

Višekriterijumska analiza kvaliteta vode Dunava u Srbiji

Rezime

Integralno upravljanje vodnim resursima postavlja nove ciljeve i standarde pri rješavanju problema u vodoprivredi, uvažavajući realne mogućnosti, osnovne principe i zahteve definisane Okvirnom direktivom o vodama Evropske unije. U tim nastojanjima, značajno mesto pripada i razrešavanju ekoloških problema, a posebno onih međunarodnog karaktera, koji se odnose na kvalitet vode.

Potreba za utvrđivanjem kvaliteta vode Dunava duž toka kroz Srbiju, primenom metode višekriterijumskog odlučivanja i formiranjem modela prognoze koncentracija polutanata na određenim lokacijama na Dunavu, osnovni je motiv za iniciranje istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji.

Istraživanja su sprovedena korišćenjem fonda podataka RHMZ Srbije, za period od 2005. do 2009. godine, na sedamnaest hidroloških mernih stanica, na određenom rastojanju od ušća duž toka Dunava kroz Srbiju. Metodom indeksa kvaliteta vode ocenjivan je kvalitet površinske vode i utvrđen je trend promene kvaliteta vode u posmatranom periodu. Promene parametara indeksne metode posmatrane su u prostoru i vremenu. Takođe je izvršena procena eko-hemijskog statusa vode Dunava u odnosu na vrednosti parametara kvaliteta vode utvrđenih Direktivom 75/440/EEC. Procenjen je stvarni u odnosu na zahtevani kvalitet vode.

Formiranjem modela višekriterijumskog odlučivanja, na osnovu parametara kvaliteta vode, rangirana su merna mesta i identifikovani najznačajniji polutanti vode Dunava, koji pokazuju povišene koncentracije na tačno utvrđenim lokacijama. U višekriterijumskoj analizi korišćena je PROMETHEE/GAIA metoda.

S obzirom na neusaglašenost parametara indeksne metode i ne postojanje globalne standardizacije metode, generisan je novi model indeksne metode delimično usklađen sa standardima ovlašćenih institucija Srbije, preporukama Svetske zdravstvene organizacije i direktivama Evropske unije, na kojem se bazira model prognoze koncentracije polutanata na pojedinim lokacijama na Dunavu.

Rezultati kompletne PROMETHEE analize rangiranja parametara kvaliteta vode za 2009. godinu pokazuju da je najmanje zagađeno merno mesto, sa najboljim kvalitetom

vode, Dobra (L14), dok je najzagađenije merno mesto, sa najlošijim kvalitetom vode, Pančevo (L9), sa odgovarajućim neto tokovima preferencije $\Phi=0,20$ i $\Phi=-0,15$ respektivno. Pri tome su analize, pomoću opšte metode PLS (metoda parcijalnih najmanjih kvadrata), kao posebno važne faktore potencijalnog ekološkog rizika koje utiču na kvalitet vode, izdvojile nekoliko polutanata (ukupni oksidi azota, ortofosfati, suspendovane materije i amonijum jon), iako to nisu jedini relevantni i dominantni parametri.

Analizom GAIA ravni, koja se zasniva na analizi glavnih komponenata (PCA), identifikovani su oksidi azota, ortofosfati, suspendovane čestice i amonijum jon, kao najvažnije promenljive koje utiču na rangiranje vode. Ove promenljive su potom potvrđene PLS analizom, što se može koristiti pri modelovanju i predviđanju nivoa ostalih polutanata vode.

Iako modelovanje ne daje zadovoljavajuća predviđanja nekih pokazatelja kvaliteta vode, s obzirom na činjenicu da su podaci korišćeni za modelovanje dobijeni istraživanjima koja nisu sprovedena metodom planiranja eksperimenta, rezultati ipak daju podršku održivosti primenjenog koncepta. Suštinski, pristup omogućuje da se metodom analize više promenljivih podataka predvidi kvalitet vode iz nekoliko lako izmerenih serija promenljivih.

Rezultati istraživanja ove disertacije mogu da posluže kao značajna osnova za dalje ekološke procene kvaliteta površinskih voda.

Ključne reči: Višekriterijumska analiza, indeks kvaliteta vode, Dunav, PROMETHEE/GAIA metoda, modeli predikcije, polutanti.

Naučna oblast: Inženjerski menadžment

UDK broj: 502.171:546.212(282.243.7)(497.11)(043.3)

Multi-criteria analysis of the Danube water quality in Serbia

Summary

Integrated management of water resources sets new goals and standards for the solution of the problems in water supply taking into consideration real possibilities, basic principles and requirements defined in the Water Framework Directive of the European Union. An important part in such efforts belongs to solving the environmental problems, especially those of international importance, related to water quality.

Primary motivation for initiating a research in this field was a need for determining water quality of the Danube River in Serbia using multi-criteria decision making method and establishing a prediction model of pollutant concentrations at specific locations on the Danube.

The study was conducted using current available data of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia (RHSS) for the period of time from 2005 to 2009. The investigation of the state of water quality of the Danube River included seventeen hydrological measuring stations at given distances from the river mouth. The surface water quality was determined using water quality index (WQI) method and the trend of water quality changes in the observed period has been established. Long-term changes in ten water quality parameters were observed in time and space. Also, an assessment of the eco-chemical status of the Danube River was conducted with respect to the water quality parameters values established by the Directive 75/440/EEC of the European Union. The actual and required water quality of the Danube in Serbia was established.

For the purposes of ranking the selected locations in terms of water quality parameters multi-criteria decision-making (MCDM) was applied and more specifically the PROMETHEE / GAIA method. By applying multi-criteria analysis it is possible to locate the pollution zones on the Danube in Serbia, according to the selected water quality parameters.

Given the inconsistency between selected water quality parameters and lack of a global standardization method, a new model of indexing method is generated, partially compliant with the standards of authorized institutions in Serbia, recommendations of

the World Health Organization and the European Union. The model for prediction of pollutant concentrations at some measuring stations on Danube was based on this new generated method.

PROMETHEE performed a complete ranking of selected locations from the aspect of presence of harmful water quality parameters in the river on selected locations. The results show that the least polluted measuring point (with the best water quality) is location Dobra (L14), while the most polluted measuring point (with the worst water quality) is location Pančevo (L9) according to their net flows preferences $\Phi = 0.20$ and $\Phi = -0.15$, respectively. At the same time, the analysis using the general PLS (partial least squares) method revealed several pollutants (total oxides of nitrogen, orthophosphate, suspended matter and ammonium ion) as a particularly important potential environmental risk factors that affect the quality of water, although these are not the only relevant and dominant parameters.

GAIA plane analysis, based on principal component analysis (PCA), identified oxides of nitrogen, orthophosphate, suspended matter and ammonium ion as the most important variables that have influence on the water quality ranking. These variables were then validated by PLS analysis and could be used in the modeling and prediction of the other water pollutants levels.

Although modeling process did not give satisfactory predictions of some water quality indicators, due to the fact that the data used for modeling were not obtained through the surveys conducted by the planning of the experiment, the results do give support to the sustainability of the concept applied. Essentially, the approach allows the analysis method of multiple variables data to predict the water quality from a few easily measured variables series.

The research results of this thesis can serve as an important basis for further environmental assessment on surface water quality.

Keywords: Multi-criteria analysis, Water Quality Index, the Danube, PROMETHEE/GAIA method, prediction models, pollutants.

Scientific area: Engineering Management

UDC number: 502.171:546.212(282.243.7)(497.11)(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. DUNAV I NJEGOV ZNAČAJ	4
2.1. Privredni značaj Dunava	8
2.1.1. Saobraćajni aspekt Dunava	9
2.1.2. Turistički značaj Dunava	13
2.2. Ekološki aspekt Dunava	15
3. ZAKONODAVNI OKVIR UPRAVLJANJA VODAMA	19
3.1. Direktive EU o kvalitetu voda i upravljanju vodama	19
3.1.1. Okvirna direktiva o vodama (WFD)	19
3.1.2. Direktiva Saveta broj 75/440/EEC koja se odnosi na zahtevani kvalitet površinske vode namenjene za zahvatanje za vodu za piće u državama članicama	21
3.1.3. Direktiva Saveta broj 91/271/EEC o prečišćavanju komunalnih otpadnih voda	22
3.1.4. Direktiva Saveta broj 91/676/EEC o zaštiti voda od zagađenja nitratima iz poljoprivrednih aktivnosti	23
3.1.5. Direktiva Saveta broj 96/61/EEC o integralnom sprečavanju i kontroli zagađenja (IPPC)	23
3.2. Upravljanje vodama u Srbiji	25
3.2.1. Strategija upravljanja vodama	26
3.2.2. Plan upravljanja vodama	27
4. REGIONALNI ASPEKTI UPRAVLJANJA DUNAVOM	31
4.1. Dunavska strategija	31
4.1.1. Pitanje kvaliteta vode	33
4.2. Primena Dunavske strategije u Srbiji	34
4.3. Kategorizacija kvaliteta površinskih voda u Srbiji	35
4.3.1. Parametri ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda	37

5. METODOLOŠKI PRISTUP	40
5.1. Utvrđivanje kvaliteta vode metodom SWQI	41
5.1.1. Temperatura vode	43
5.1.2. pH vrednost	44
5.1.3. Elektrolitička provodljivost	44
5.1.4. Suspendovane materije	45
5.1.5. Zasićenost vode kiseonikom	45
5.1.6. Amonijum jon	47
5.1.7. Ukupni oksidi azota	48
5.1.7.1. Nitriti	48
5.1.7.2. Nitrati	49
5.1.8. Ortofosfati	49
5.1.9. Biohemijska potrošnja kiseonika (BPK-5)	50
5.1.10. Najverovatniji broj koliformnih bakterija	50
5.2. Klasifikacija kvaliteta površinskih voda prema SWQI metodi	51
5.3. Prednosti i nedostaci upotrebe indeksnih metoda	52
5.4. Metode višekriterijumskog odlučivanja	53
5.4.1. Višekriterijumska analiza (VKA)	55
5.4.1.1. Transformacija kvalitativnih atributa	56
5.4.2. Metode višekriterijumske analize	57
5.4.2.1. Metoda <i>ELECTRE</i>	57
5.4.2.2. Metoda analitičkih hijerarhijskih procesa (<i>AHP</i>)	60
5.4.3. PROMETHEE metoda	63
5.4.3.1. Istorijat nastanka metode	63
5.4.3.2. Procedura metode <i>PROMETHEE</i>	64
5.4.3.3. Softverska podrška	72
5.4.3.4. Oblasti primene metode <i>PROMETHEE</i>	72
5.5. Modelovanje kvaliteta površinskih voda	73
5.5.1. Modelovanje i predviđanje kvaliteta površinske vode integrisanjem WQI metode i metode predviđanja	74
5.5.2. Metoda neparаметarskog i parametarskog predviđanja	80
5.5.3. Formiranje modela prognoze koncentracije polutanata na pojedinim lokacijama	81
6. REZULTATI I DISKUSIJA	83
6.1. Analiza kvaliteta vode	83
6.1.1. Promene parametara kvaliteta vode Dunava u periodu od 2005. do 2009. godine	85
6.1.2. Trend promene kvaliteta vode Dunava u posmatranom periodu	95

6.1.3.	Određivanje korelacionih zavisnosti kriterijuma kvaliteta vode Dunava	97
6.1.4.	Procena eko-hemijskog statusa Dunava u Srbiji u funkciji parametara indeksa kvaliteta vode	101
6.2.	Primena višekriterijumske analize kvaliteta vode Dunava u Srbiji u funkciji parametara SWQI metode	105
6.2.1.	Višekriterijumsko rangiranje kvaliteta vode Dunava na toku kroz Srbiju u 2010. godini	114
6.3.	Modeli prognoze	118
6.3.1.	Modelovanje i predviđanje indeksa kvaliteta vode po metodi WQI-1	120
6.3.2.	Modelovanje i predviđanje WQI po metodi WQI-1 na osnovu merenja u 2009. godini	123
6.3.3.	Formiranje modela prognoze koncentracije suspendovanih materija na pojedinim lokacijama	125
6.3.4.	Formiranje modela prognoze koncentracije ukupnih oksida azota na pojedinim lokacijama	127
6.3.5.	Formiranje modela prognoze koncentracije ortofosfata na pojedinim lokacijama	129
6.3.6.	Formiranje modela prognoze koncentracije amonijumovog jona na pojedinim lokacijama	131
6.3.7.	Formiranje modela prognoze koncentracije kritičnih polutanata na svim lokacijama	133
7.	ZAKLJUČAK	137
	LITERATURA	141
	PRILOG 1	152
	PRILOG 2	170
	BIOGRAFIJA	191

1. UVOD

Očuvanje kvaliteta vode je ekološki prioritet dvadeset prvog veka (Ayoko i dr., 2007; Babović i dr., 2011; Ene i dr., 2010; Ivančev-Tumbas i dr., 2007; Kannel i dr., 2007; Khan, 2011). Ipak, u mnogim delovima sveta loš kvalitet površinskih voda je i dalje značajan problem, što često može da ograniči korišćenje ovog vitalno značajnog resursa ili, u još ekstermnijim slučajevima, može da ugrozi biljno-životinjski svet i život ljudi (Enache i dr., 2009; Gatica i dr., 2012; Sanchez i dr., 2007).

U cilju očuvanja dobrog kvaliteta površinskih voda i sprečavanja mogućeg zagađenja, neophodno je sinhronizovati akcije od organizacionih do izvršnih. Ovo podrazumeva mere zaštite koje uključuju redovnu kontrolu kvaliteta vode koju sprovode odgovarajuće institucije i službe. Praćenje kvaliteta vode uključuje biološka, hemijska i fizička merenja kvaliteta, što se može izraziti indeksom kvaliteta vode (D'heygere i dr., 2002; Newman i dr., 1994). Primena indeksa kvaliteta vode u evaluaciji kvaliteta površinskih voda pokazuje dobre rezultate (Banerjee i Srivastava, 2009).

S obzirom na međunarodni značaj Dunava i činjenicu da je to jedan od najvažnijih prirodnih vodnih resursa u Srbiji, oceni stanja kvaliteta vode reke Dunav, problemu zagađenja i zaštite mora se posvetiti posebna pažnja.

Okvirna direktiva Evropske unije o vodama postavila je novi integralni pristup zaštite, unapređenja i održivog korišćenja evropskih reka (EU WFD, 2000). Najznačajnije mere za zaštitu vodnih resursa su monitoring voda, kategorizacija voda i propisivanje standarda o kvalitetu voda. Upoređivanje i usaglašavanje aktuelnih nacionalnih zakonskih regulativa sa predloženim Evropskim metodama za određivanje indikatora kvaliteta površinskih voda imperativ je unapređenja vodosnabdevanja.

Kvalitet vode zavisi od brojnih fizičko-hemijskih parametara i prognoze sa smislom, analize ranga ili prepoznavanja oblika kvaliteta vode, što zahteva viševarijantne metode za simultano i sistematsko tumačenje.

Predmet ovog istraživanja je višekriterijumska analiza kvaliteta vode Dunava na toku kroz Srbiju. Procena kvaliteta vode Dunava vrši se komparacijom različitih kriterijuma klasifikacije kvaliteta površinskih voda. Takođe se i prati trend promene kvaliteta vode u petogodišnjem periodu, od 2005. do 2009. godine, duž sedamnaest mernih stanica na Dunavu. Primenom metode višekriterijumske analize (PROMETHEE/GAIA) rangiraju su lokacije potencijalnog ekološkog rizika i utvrđuju parametri kvaliteta vode koji odstupaju od vrednosti propisanih od strane Evropske unije. Na osnovu rezultata primenjene metode, formira se model prognoze koncentracije polutanata na pojedinim lokacijama na Dunavu.

Formiranjem modela višekriterijumskog odlučivanja, na osnovu parametara kvaliteta vode, biće rangirane lokacije na Dunavu prema kvalitetu vode i utvrđene kritične zone zagađenosti, što predstavlja osnovu za dalje ekološke procene promene kvaliteta vode Dunava. U višekriterijumskoj analizi koristi se PROMETHEE/GAIA metoda. Prednosti ove metode ogledaju se u načinu strukturiranja problema, zatim u količini podataka koje je moguće obraditi, mogućnosti kvantifikovanja kvalitativnih veličina i odgovarajućoj prezentaciji rezultata preko GAIA ravni (Brans et al., 1986; Brans i Vinche, 1985). Za definisanje težinskih koeficijenata biće uzeta u obzir činjenica da nemaju svi parametri isti uticaj na ukupni kvalitet vode određen SWQI metodom odnosno, posmatraće se procentualni udeo svakog pojedinačnog parametra u ukupnom indeksu kvaliteta vode. Kompletno rangiranje (PROMETHEE II) je zasnovano na izračunavanju „čistog“ toka preferencije (Φ) koji predstavlja razliku pozitivnog (Φ^+) i negativnog toka preferencije (Φ^-). Alternativa koja ima najveću vrednost Φ je najbolje rangirana (Brans i dr., 1994).

Utvrđivanje kvaliteta vode Dunava duž toka kroz Srbiju, primenom metode višekriterijumskog odlučivanja i formiranjem modela prognoze koncentracija polutanata na određenim lokacijama na Dunavu, osnovni je cilj ove disertacije.

Razlike u zagađenju slatkih voda polutantima iz različitih izvora mogu proisteći iz razlika u geološkoj podlozi, hidrološkim sistemima, antropogenim aktivnostima i transformacijama vodenih komponenata od strane mikroorganizama (Einax i dr., 1997). Takođe, zagađujuće koncentracije polutanata sa različitih lokacija uzorkovanja i različitih ekoloških okruženja su predmet velike varijabilnosti, koja iziskuje pažljivu procenu i tumačenje.

Hemometrijske analize pokazuju značajan uticaj istraživanih polutanata na kvalitet površinske vode. U cilju formiranja modela prognoze koncentracije polutanata na pojedinim lokacijama na Dunavu, posebno je analizirano prisustvo oksida azota, ortofosfata, suspendovanih čestica i amonijum jona.

Sa aspekta uticaja na stvaranje ekološki zdrave sredine za život, cilj istraživanja je da ukaže na značaj očuvanja i unapređenja kvaliteta vode Dunava.

Očekivani naučni doprinos je višestruk i odnosi se na:

- određivanje korelacionih zavisnosti kriterijuma kvaliteta vode upoređivanjem važeće zakonske regulative Srbije i Okvirne direktive o vodama Evropske unije;
- izračunavanje sveobuhvatnog kvaliteta vode Dunava u Srbiji SWQI metodom i procena eko-hemijskog statusa u funkciji parametara indeksa kvaliteta vode Dunava od ulaznog do izlaznog profila duž toka kroz Srbiju;
- procenu eko-hemijskog statusa vode upoređivanjem minimalnih, maksimalnih i srednjih vrednosti odabranih parametara indeksa kvaliteta vode, sa vrednostima parametara utvrđenih od strane Council Directive 75/440/EEC za zahtevani kvalitet površinske vode namenjene za zahvatanje za vodu za piće u državama-članicama; te
- originalan pristup u proceni kvaliteta vode Dunava primenom metode PROMETHEE/GAIA rangiranjem lokacija potencijalnog ekološkog rizika u cilju formiranja modela prognoze koncentracije polutanata na pojedinima lokacijama na Dunavu – najvažniji naučni doprinos disertacije.

U perspektivi, primenjene metode i rezultate istraživanja trebalo bi posmatrati kao doprinos Republike Srbije evropskim integracijama u oblasti zaštite životne sredine kroz implementaciju Okvirne direktive o vodama na nacionalnom nivou.

2. DUNAV I NJEGOV ZNAČAJ

Reku Dunav su drevni Tračani zvali „Istros“, Skiti – „Mataos“, Rimljani – „Danister“ i „Danubius“, Grci – „Dunavius“, Nemci i Austrijanci – „Donau“, Francuzi – „Le Danibe“, Mađari – „Duna“, Italijani – „Danibo“, Turci – „Tuna“, Rumuni – „Dunarea“, Česi, Slovaci i Rusi – „Dunaj“, a Srbi i Bugari – „Dunav“. Nijedna reka na planeti ne može se pohvaliti sa toliko imena, što mnogo govori o snazi, veličini i lepoti Dunava koju su prepoznali svi narodi koji su živeli na njegovim obalama ili dolazili na njega (Katičić, 1976).

Dunav je reka na čijim se obalama vekovima beležila istorija svih podunavskih naroda do današnjih dana. Duboko kroz istoriju, Dunavom i uz njega, prolazili su brojni narodi, vojske i trgovci. To je jedinstvena evropska reka koja spaja Evropu sa Azijom i koja je inspirisala mnoge filozofe, književnike, naučnike i vojskovođe da o njemu govore sa divljenjem (Hajnal, 1920). Mnogi su poredili večnost ove reke sa Tibrom, plodonosne ravnice sa ravnicama Nila, veličinu sa Misisipijem, a značajnost sa Volgom i Rajnom (Stojsavljević, 2011). Pa onda nije slučajno što je upravo imperator poput Napoleona dao sebi za pravo da kaže: „Dunav je car među rekama“.

U izučavanju Dunava, otkriven je, zapravo, „fenomen“ pravog izvora reke. Naime, Dunav nastaje od rečica Brega i Brigaha, koje izvire u Švarcvaldu i spajaju se kod mesta Donaušingena (na 678 metara nadmorske visine) i odatle teku pod imenom Dunav (Slika 2.1). Izvor Brega nalazi se blizu Furtvangena, na 1.078 metara nadmorske visine, bogatiji je vodom i duži za oko 5 kilometara od izvora Brigaha. Međutim, simbol službenog izvora Dunava (Slika 2.2) obzidan je mramorom na fontani „Donauquelle“ iz 19. veka u parku dvorca Donaušingena sa natpisom „Caput Danubii“, što znači glava Dunava.



Slika 2.1. Mesto spajanja Brege i Brigaha u Dunav



Slika 2.2. Simbol službenog izvora reke Dunav

Dunav iz Baden -Virtemberga, gde prolazi kroz Sigmaringen i Ulm, ulazi preko Bavarske (Regensburg i Passau) u severnu Austriju (prolazeći kroz Linc i Beč), pa kroz jug Slovačke gde prolazi kroz Bratislavu, prelazi preko Mađarske (kroz Budimpeštu) od severa prema jugu i ulazi u istočnu Hrvatsku i severnu Srbiju. Prolazeći kroz Beograd, reka kasnije stvara granicu između Srbije i Rumunije, a zatim i između Rumunije i Bugarske, nakon čega se uliva u Crno more u Rumuniji, stvarajući veliku deltu na granici s Ukrajinom (Slika 2.3).



Slika 2.3. Sliv Dunava celom dužinom od izvora do ušća

Dunav je od izvora pritoke Brege u Švarcvaldu do ušća u Crno More dugačak 2.888 km, mada se za ukupnu dužinu Dunava, u literaturi, uglavnom navodi 2.857 km (ne računajući dužinu rečice Brege). Dunavski basen obuhvata 816.947 km², što predstavlja 8,5 % površine Evrope (Brilly, 2010). Pored obala Dunava u osam država žive pripadnici deset naroda, a u njegovom slivu živi oko 80 miliona Evropljana.

Dužina sliva iznosi 1.690 km a širina 820 km. Oblik mu je asimetričan, s tim da desna strana reke zahvata 44 % a leva 56 % površine sliva. Hidrografski sistem Dunava nastao je između slivova Sredozemnog mora na jugu, kanala La Manš i Severnog mora na zapadu i Baltičkog mora na severu. Dunavski hidrografski sistem ima odlike centralnog odvodnjavanja, koje se vrši od vododelnica (koje nisu daleko od pomenutih mora) do unutrašnjosti evropskog kontinenta u pravcu sa zapada prema istoku. Crno more, na čijoj zapadnoj obali se završava tok Dunava, spada u mora koja su skoro potpuno odvojena od važnih pomorskih puteva i, po svom položaju, ima izrazito kontinentalna obeležja. Centralno odvodnjavanje Dunava i kontinentalne osobine Crnog mora daju njegovom slivu kontinentalne osobine. Zato se reka Dunav i njegov sliv bitno razlikuju od ostalih evropskih plovnih reka i njihovih slivova u centralnoj, zapadnoj i južnoj Evropi.

Prema fizičko-geografskim uslovima Dunav se deli na: gornji (alpski), srednji (panonski) i donji (pontski) Dunav.

Sliv alpskog ili gornjeg Dunava proteže se izvora reke u Švarzvaldu do Devinskih vrata (1.880 km). Sliv panonskog ili srednjeg Dunava prostire se uzvodno od Turnu Severina (951 km), a sliv pontskog ili donjeg Dunava leži nizvodno od Turna Severina (Drobeta) do Crnog mora. Razlog ovakve podele sliva su veliki planinski lanci Alpa i Karpata koji dele sliv Dunava na tri dela, međusobno dosta različita po morfološkim i hidrološkim karakteristikama.

Smatra se da je gornji (alpski) Dunav nastao u gornjomiocenskom periodu (pre 30 miliona godina), kada nastaje tektonsko spuštanje kopna u oblasti i more prodire na sever u kopno. Sredinom miocena (pre oko 20-25 miliona godina) velikim tektonskim pokretima unutar alpsko-karpatskog luka planina nastao je Panonski basen, koji se kao more prostirao sve do Aralskog jezera na istoku, sa ostrvima, koji su u stvari predstavljali vrhove nekadašnjih planina. Na kraju miocena (pre 15 miliona godina) prekinuta je veza Panonskog mora sa svetskim morem. Sliv gornjeg (alpskog) Dunava

postao je kopno. Preko nataloženih morskih sedimenata potekle su reke, formirajući prvi hidrografski sliv gornjeg Dunava, koji se tada ulivao u jezero Bečkog bazena.

Dalja tektonska pomeranja kopna dovela su do podele Panonskog mora na Panonsko (bačasto) i Pontsko more koja se spajaju preko morskog tesnaca na mestu današnje Đerdapske klisure. U pliocenu (pre 1-14 miliona godina) Panonsko more se postepeno povuklo i nestalo, a Pontsko more se održalo i postepeno pretvaralo u današnje Crno more. Preostale vode Panonskog mora zadržavale su se u manjim jezerima koja su na kraju pliocena do polovime pleistocena bila zasuta rečnim i eolskim nanosom (pre 300.000 godina) (Ramač, 2010). Tada se formira hidrografski sistem basena Dunava, koji teče kroz Đerdapsku klisuru dalje kroz Ponsko more, odnosno jezera. Današnja savremena rečna mreža Dunava formirana je pred kraj pleistocena, odnosno u periodu kamenog doba.

Region srednjeg Podunavlja predstavlja ekonomsko središte regiona Jugoistočne Evrope. U njemu se nalazi jedina metropola jugoistočne Evrope, Beograd, okružena mrežom manjih gradova i bogatom centralnom poljoprivrednom oblašću. U saobraćajnom smislu, ovaj region zauzima centralni položaj, s obzirom da mreža unutrašnjih plovnih puteva Srbije, smeštena na srednjem Podunavlju, ima stratešku poziciju povezivanja dva dela Dunava koji se nalaze u Evropskoj uniji. Ovom regionu pripada i 40% ukupne teritorije Srbije.

Delta Dunava, sa tri veća rukavca, zauzima površinu od 5.500 km² i čini najveću (posle delte Volge) i najbolje očuvanu evropsku deltu. Predstavlja zaštićenu prirodnu regiju u Rumuniji i Ukrajini koju je 1991. godine UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) označio kao svetsku baštinu. Sa svojim brojnim jezerima i močvarama, delta Dunava predstavlja stanište za preko 300 vrsta ptica, kao i 45 vrsta slatkovodnih riba. Takođe obiluje i impozantnim vrstama biljaka, karakterističnim za raznovrsna staništa u području delte (voda, močvare, pašnjaci, pesak i slane oblasti), koje su opisane u velikom broju naučnih članaka objavljenih do sada (Pallis, 1916; Negrean i Constantin, 1999; Geambasu i dr., 2005; Ciocârlan, 1999; Ciocârlan, 2011). Ribarstvo u močvarama delte je za oko 15.000 stanovnika u okviru Delte i 160.000 stanovnika iz susednih regiona glavni izvor prihoda. Naime, prema istraživanju Navodarua i saradnika (Navodaru i dr., 2001) ribarstvo u Delti eksploatiše veliki broj različitih staništa raspoređenih na oko 580.000

hektara močvare, donosi između 5.000 i 10.000 tona slatkovodnih vrsta godišnje i predstavlja jedno od najvažnijih područja ribarstva u Evropi.

2.1. Privredni značaj Dunava

Privredni značaj Dunava ogleda se u potencijalu reke i njenoj nameni. Voda Dunava se može koristiti u najrazličitije svrhe, a najvažnije su sledeće:

- saobraćaj,
- proizvodnja električne energije u hidroelektranama,
- snabdevanje vodom za piće,
- snabdevanje industrije vodom,
- navodnjavanje,
- turizam i rekreacija,
- ispuštanje otpada (čvstog i tečnog) i
- ribolov.

Pored toga, aktivnosti koje se tiču regulisanja kvaliteta vode i zaštite od poplava priobalnih područja Dunava, čine niz ekonomski značajnih aktivnosti.

Dunav je oduvek važio za glavnu saobraćajnicu između naroda svih zemalja kroz koje protiče, što je jedan od vitalnih ekonomskih značaja ove reke i danas. Zemlje Podunavlja koriste potencijal reke na različite načine: za teretni transport, hidroenergiju, vodosnabdevanje, navodnjavanje i ribolov.

Ipak, najveći ekonomski značaj Dunava ogleda se u prevozu tereta. Glavne plovidbene luke duž Dunava biće spomenute kasnije, u odeljku o saobraćajnom aspektu Dunava. Ono što se sa sigurnošću može reći je da su se, zahvaljujući Dunavu, brojne industrijske zalihe, kao i poljoprivredni proizvodi, mogli preneti sa Balkana u unutrašnje zemlje, odnosno nizvodno od Nemačke do Crnog mora. U drugoj polovini 20. veka plovidba je poboljšana na više načina, kako bi osigurala dobru plovidbu kroz tesnace i neprohodna područja. Na nekim mestima proširena su korita, na drugim su produbljena, ali najvažnija poboljšanja ogledaju se upravo kroz izgradnju više kanala duž Dunava.

Izgradnja brana i hidroelektrana na Dunavu je još jedna od značajnih prednosti koje pruža ova reka. Realizacija projekta izgradnje hidroelektrane „Đerdap“ je jedna od najznačajnijih aktivnosti na Dunavu u ranim 70-im godinama dvadesetog veka. Na izgradnji su učestvovali istovremeno SFR Jugoslavija i Rumunija. Ova velika stanica za napajanje se zapravo sastoji od brane i dve elektrane koje se nalaze u klisuri Đerdapa, na granici Rumunije i Srbije. Još jedna velika brana, Gabčikovo, izgrađena je u južnoj Slovačkoj 1992. godine.

Korišćenje Dunava u industrijske svrhe je najevidentnije u glavnim gradovima kroz koje protiče: Bratislavi, Beču, Budimpešti i Beogradu. Oblasti navodnjavanja su u drugoj polovini reke, naročito u Mađarskoj i Bugarskoj, za koje je poljoprivredna ekonomija prilično velika. Ribolov u delti reke je dobro razvijen s obzirom na činjenicu da basen pruža stanište za veliki broj riba, uključujući i neke ugrožene vrste kao što su jesetre. Međutim, nedovoljno posvećivanje pažnje zaštiti životne sredine i nesavesno ponašanje ljudi prema reci, ali i neusaglašenost zakonskih propisa, doprinosi da reka postane neadekvatna za navodnjavanje, kao i za vodosnabdevanje, na šta će se u velikoj meri ukazati u ovoj disertaciji.

Živadinović i saradnici (2012) sproveli su opširno istraživanje sa ciljem da se utvrdi koliko su današnji donosioci odluka na lokalnom nivou (gradonačelnici i predsednici) usredsređeni na razvojni potencijal Dunava, kao jednog od najznačajnijih vodnih resursa Srbije. Istraživanje je sprovedeno putem elektronskog upitnika pod nazivom „Dunav kao mogućnost privrednog razvoja“, upućenog čelnicima lokalnih samouprava, u 24 gradova i opština Dunavskog regiona u Srbiji. Rezultati istraživanja pokazali su da lokalne samouprave, i ako svesne ogromnog potencijala reke, nedovoljno rade na stvaranju uslova za njegovu upotrebu u razvojne svrhe.

2.1.1. Saobraćajni aspekt Dunava

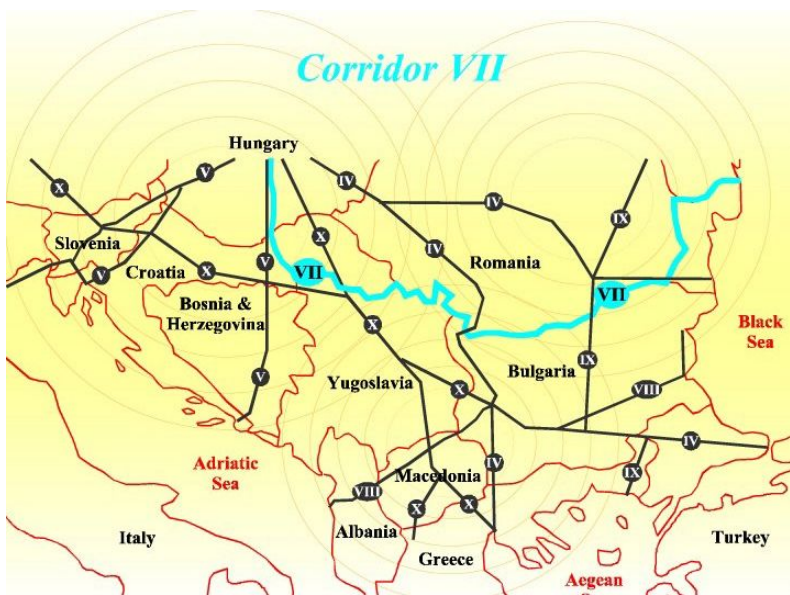
Planiranje razvoja određenih saobraćajnica predstavlja izvesnu mogućnost za razvoj privrede. Saobraćaj je sam po sebi izvor razvojnih mogućnosti (Stojić-Karanović, 2002). Ipak, značaj saobraćajnog aspekta Dunava nije oduvek bio ozbiljnije razmatran. Pre svega iz političkih razloga, pre sredine 20. veka, reka nije predstavljala održivu vezu transporta i komunikacija. Nakon Drugog svetskog rata, međutim, efikasna

internacionalizacija reke, izrada obimnih projekata za unapređenje plovidbe, izgradnja brana i hidroelektrana, kao i znatno ubrzaniji ekonomski razvoj na slivu reke Dunav u celini, doprineo je u velikoj meri da Dunav postane centar Evropske ose i regionalnih veza (Weigend, 1975). Zbog toga je veoma značajna činjenica da saobraćajna koridorna mreža, koja predstavlja dugoročnu strategijsku opciju Evropske Unije, uključuje i Srbiju. Glavne veze Srbije preko Dunava se ostvaruju uzvodno sa Hrvatskom, Mađarskom, Slovačkom, Austrijom i Nemačkom, a nizvodno sa Rumunijom, Bugarskom, Moldavijom i Ukrajinom. Od granice sa Mađarskom do Beograda, Dunav teče praktično paralelno sa trasom evropskog autoputa i železničkom prugom, što taj prostor čini izuzetno vrednim i značajnim sa privrednog i svakog drugog stanovišta. To potvrđuje i činjenica da su u periodu od 2001. do 2009. godine na prostoru uz Dunav i u njegovom priobalju strani investitori investirali više od dve trećine od svih stranih investicija u Srbiji (ICPDR, 2005).

U Dunav utiče oko 300 pritoka, od kojih je po hidrološkom značaju važno njih 180, a 120 su srednje reke, od kojih su 34 reke plovne za brodove. Desne pritoke sliva daju 66% količine vode u Dunavu, a leve 34%. Opšta dužina plovnih pritoka Dunava iznosi oko 1.928 km. Hidrološki sistem „Dunav-Tisa-Dunav“ (DTD) ima plovnu dužinu od 664 km. Kada se tome doda ukupna plovna dužina Dunava, koja iznosi 2.580 km, računajući od Ulma do Crnog mora, dobija se ukupna navigaciona dužina plovnih puteva u basenu Dunava od 5.172 km. Tako Dunav, po značaju u svetskom unutrašnjem vodnom saobraćaju, zauzima šesto mesto posle: Misisipija, Rajne, Ohaja, Volge i Jangcekjanga. Međutim, po značaju u Evropi je odmah iza Rajne i Volge.

Oživljavanjem aktivnosti na koridorima koji prolaze kroz Srbiju (Koridori VII i X), vraćena je velika mogućnost privrednog i održivog razvoja ne samo žiteljima Srbije, već i celom evropskom kontinentu (Stojić-Karanović, 2002). Panevropski „Koridor VII“ je sama reka Dunav, koja je jedan od pet saobraćajnih koridora koji se nalaze na prostorima Jugoistočne Evrope (Slika 2.4). Od ukupno deset evropskih koridora, samo je „Koridor VII“ vodena saobraćajnica, a ostalih devet su kopneni putevi. To samo po sebi govori o višestrukom saobraćajnom značaju Dunava, koji je oduvek bio u centru međunarodnih zbivanja. „Koridor VII“ predstavlja značajnu stratešku vezu sa Evropom i Evroazijom koja treba da podstakne razvoj trgovine, turizma i usluga u Srbiji. Od ukupne plovne dužine Dunava (2580 km) 22,8% se nalazi na teritoriji Srbije (588 km).

Ciljevi razvoja ovog Koridora definisani su „Memorandumom o razumevanju i razvoju panevropskog koridora VII“, čiji su potpisnici Nemačka, Slovačka, Austrija, Mađarska, Hrvatska, Jugoslavija (Srbija), Rumunija, Bugarska, Moldavija, Ukrajina i Evropska komisija (Strategija, 2010).



Slika 2.4. Koridor VII i saobraćajni koridori Jugoistočne Evrope
(izvor: E. Stojić-Karanović, 2002)

Povezivanje sa Majnom i Rajnom (1992) značajno je unapredilo saobraćajni aspekt Dunava jer je postao deo vodene transverzale koja preseca kontinent od Severnog do Crnog mora. Mada je značaj plovnog puta „Rajna-Majna-Dunav“ sam po sebi velik, budući da povezuje 260 miliona stanovnika priobitnih zemalja i njihovu raznoliku privredu, izgradnja kanala povećava vrednost postojeće mreže rečnih saobraćajnica na kontinentu. Slobodna plovidba celim Dunavom biće još značajnija kada se izgradnja novog, trokrakog kanala „Dunav-Odra-Elba“ u Evropi realizuje. Ovaj kanal bi trebalo da poveže Dunav sa Odrom kod grada Jasenika i Elbom (Labom) kod Pardubica. Planirana dužina dunavskog kraka kanala je 209 km, elbskog 160 km i odranskog 119 km. Ovaj kanal će skratiti put do Šćecina za 1.141 km, a brodovi će moći da plove prelazeći značajno manji broj prevodnica nego putem „Rajna-Majna-Dunav“. Za Srbiju, Bugarsku, Rumuniju, Mađarsku i Slovačku ovakav kanal povećava

privredni značaj. Od Beograda do Hamburga put će preko elbskog kanala biti kraći za 748 km, a imaće 29 prevodnica manje nego plovni put „Rajna-Majna-Dunav“ (Burger i Kapfinger, 1992.).

Značajni višenamenski vodoprivredni sistem, čija je glavna funkcija navodnjavanje i odvodnjavanje, ali i sa postojanjem realnih uslova za plovidbu, svakako je Hidro-sistem DTD. Sastoji se od 12 plovnih kanala Bačke i Banata, ukupne plovne dužine 600 kilometara, koji su svrstani u četiri kategorije plovnih puteva. Predstavlja jednu od najvećih kanalskih plovidbenih mreža u Evropi, koja pored plovnih kanala obuhvata i kanalisane reke Begej i Tamiš. Na kanalima DTD izgrađeno je 16 brodskih prevodnica, od kojih 12 mogu da prime plovila do 1000 tona nosivosti, a četiri plovila do 500 tona nosivosti. Neki od razloga relativno slabog korišćenja kanala DTD za plovidbu su: nedovoljna širina kanala, nedostatak markiranja i navigacionih znakova, podvodna i obalska vegetacija, itd. Domaća plovila uglavnom transportuju robu u jednom smeru i na malim rastojanjima, pri čemu plaćaju takse za korišćenje kanala, dok je za prolazak stranih brodova potrebna dozvola ministarstva zaduženog za saobraćaj (Strategija, 2010).

Danas na Dunavu plovi oko 5.200 teretnih brodova, postoji 24 pristaništa u kojima je promet robe veći od 1 mil. tona, uključujući i luke Beograd (1,5 mil. tona) i Smederevo (1,2 mil. tona) u Srbiji. Međutim, stanje rečne flote u Srbiji je loše zbog nepovoljne starosne strukture i tehnološke zastarelosti. Od 1995. godine nije izgrađeno ni jedno plovilo. Kod potiskivača samo je 7,1%, a kod tegljača 5,7% plovila izgrađeno u poslednjih 20 godina.

Zahvaljujući razvoju ekonomskih odnosa među podunavskim zemljama, slobodnoj plovidbi i boljim uslovima za plovidbu, teretni saobraćaj na Dunavu se, od 50-tih do kraja 80-tih godina dvadesetog veka, povećao gotovo deset puta i dostigao blizu 91,8 miliona tona. Istovar i utovar na dunavskim lukama porastao je i dostigao više od oko 150 miliona tona. Preduzeća u delatnosti saobraćaja unutrašnjim plovnim putevima Srbije raspolagala su krajem 2008. godine sa oko 400 plovnih sredstava, raspoloživog kapaciteta oko 403.833 tona i ukupne snage od oko 60.000 kW. Preko 77% čine plovila za prevoz suvog tereta, a ostalo su plovila za prevoz tečnog tereta (RZS, 2009).

Glavni izazovi primene i razvoja unutrašnjeg vodenog transporta zasnovanog na teretnim plovilima se tiču poteškoća u konstruisanju adekvatnih, održivih infrastruktura, ali je i neophodno ispuniti zahteve koji se tiču zaštite životne sredine i ljudskog zdravlja (Horváth, 2011). Saobraćaj na unutrašnjim plovnim putevima može da ima jako negativan uticaj na životnu sredinu, usled nepoštovanja standarda iz oblasti zaštite životne sredine. Zagađenje prouzrokovano izlivima, ispuštanjem ili odlaganjem otpada sa plovila, moglo bi da uzrokuje zagađenje vode za piće, prekid u korišćenju vode za industrijske svrhe, kao i da smanji raspoložive količine vode za navodnjavanje. Unapređenje saobraćaja na unutrašnjim plovnim putevima nužno bi dovelo do porasta uticaja na životnu sredinu koji uključuju: zagađenje plovnih vodotoka naftom i derivatima i zagađenje od plovila na plovnim putevima. Rešenje leži u boljem načinu upravljanja rečnim plovilima, čime se smanjuje zagađenje vodotoka i poboljšava kvalitet vode bez posebnih troškova, a bolji način upravljanja zahteva sveobuhvatan pristup u smislu integrisanog upravljanja rečnim slivom, u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama EU.

2.1.2. Turistički značaj Dunava

Turistička atraktivnost Dunava je nadaleko poznata. Ono što daje posebnu notu turističkom potencijalu Dunava je činjenica da se duž dunavskih obala nižu brojna preistorijska naselja, rimska i srednjovekovna granična utvrđenja, manastiri i crkve, ali i dinamični moderni gradovi. Dunav protiče kroz oblasti velike raznovrsnosti klimatskih uslova i reljefnih oblika (Weigend, 1975). Danas narodi svih podunavskih zemalja koriste plovni put Dunava i njegove prirodne lepote u nautičko-turističke i rekreativne svrhe, što ima za posledicu „brisanje svih granica i barijera među ljubiteljima Dunava i najviše doprinosi razumevanju među podunavskim narodima“.

Duž obala Dunava mogu se naći staništa najraznovrsnijih predstavnika faune kao što su planinski divojarci, srne, jeleni, medvedi, vukovi, lisice, risovi, divlje svinje, zečevi i druge životinje. U ritovima, barama ili na adama Dunava gnezde se divlje ptice: patke, divlje guske, čaplje, rode, kormorani, lopatari, pelikani, galebi, nilski flamingo itd. Od biljnih vrsta, obale su bogatije listopadnim drvećem pre nego četinarima.

Izdvajaju se i bogate plodne oranice, voćnjaci i vinogradi za koje su zaslužni još stari Rimljani, koji su prvi doneli vinovu lozu na obale Dunava u našoj zemlji.

Vode Dunava su bogate rečnom ribom i rakovima. Najbogatiji ribarski tereni su na delu toka Dunava u Srbiji između Apatina i ušća Drave, kao i u Đerdapu. Posebno treba spomenuti Kopačevski rit kao „poslednju oazu“ nedirnute prirode koja se nalazi između Apatina, Osijeka i ušća Drave u Dunav. Ovaj rit je jedino preostalo prirodno stanište jedinstvenih primeraka divljih životinja, ptica i riba u Evropi.

Dunav karakteriše izuzetna kombinacija predela i istorijskih znamenitosti. Iako obiluje brojnim turističkim prednostima, za budući razvoj turizma u Dunavskoj regiji, neophodno je primeniti inovativniji pristup u kreiranju i implementaciji strategije razvoja turizma (Vuković i dr., 2011).

Potencijal za razvoj turizma na Dunavu u Srbiji je nedovoljno valorizovan i iskorišćen. Razlozi slabije turističke ponude na Dunavu su brojni, počev od prekograničnih, nacionalnih do regionalnih. U srpskom Podunavlju treba se suočiti sa izazovima koji se odnose na: razvoj kulturnih, istorijskih i prirodnih potencijala, promociju regionalnih turističkih proizvoda, poboljšanje lošeg kvaliteta infrastrukture i transporta i neadekvatne kapacitete na lokalnom nivou za ekonomski razvoj turizma.

Kvalitet životne sredine je od suštinskog značaja za turizam i međusobno su uslovljeni. Mnogi uticaji su povezani sa izgradnjom opšte infrastrukture, poput puteva i turističkih objekata. Negativni uticaji razvoja turizma mogu postepeno da uzrokuju uništenje resursa životne sredine od kojih turizam i zavisi. Turizam može da prouzrokuje iste oblike zagađenja kao i svaka druga industrija: emisije u vazduh, buku, čvrst otpad i njegovo nekontrolisano odlaganje, ispuštanje kanizacionih otpadnih voda, nafte i hemikalija, čak i arhitektonsko zagađenje. Transnacionalna i prekogranična saradnja mora biti usmerena na zaštitu životne sredine i očuvanje prirode, odnosno, treba je posebno usmeriti na rešavanje problema vezanih za pogoršanje kvaliteta vode. Jedino tako je moguće unaprediti dosadašnji nedostatak zajedničke transnacionalne strategije ukupnog razvoja turizma na Dunavu.

Od posebnog značaja za turizam su dovoljno i pouzdano snabdevanje električnom energijom, telefonskim komunikacijama, čistom vodom i efikasnim kanizacionim sistemom i sistemom odlaganja otpada. Međutim, ovi aspekti u mnogim opštinama duž toka Dunava u Srbiji, nisu u saglasnosti sa evropskim standardima.

Prema Strategiji za razvoj turizma Vlade Republike Srbije „Područje uz sliv reke Dunav od velikog je razvojnog i rekreativnog potencijala za Republiku Srbiju i posebno valorizuje obalni dunavski prostor za tranzitni i stacionarni turizam”. Značajni potencijal predstavlja blizina arheoloških nalazišta. Neka od njih su: Neolitska - Starčevo, Vinča, Lepenski vir; Rimska – Rimski drum na Đerdapu, Viminacium, Trajanova tabla i mnoga rimska utvrđenja; Srednjevekovna – Smederevska tvrđava, Golubački grad, Vratna (Vuković i dr., 2011) i dr.

U Akcionom planu Dunavske strategije (Akциони plan, 2010) detaljno se obrađuje i pitanje unapređenja turizma u Dunavskom regionu. Predlažu se brojne aktivnosti promocije Dunava u Srbiji, razvijanje metodologija monitoringa za prikupljanje podataka o turističkim statistikama, aktivnostima, motivima i drugim pojedinostima i sistemi upravljanja posetiocima, naročito u ekološki ključnim lokacijama kao što je ušće Dunava, ali i aktivnosti izrade ekološki prihvatljive turističke strategije za celi region. Cilj je stvaranje Dunavskog regiona prihvatljivog za saobraćaj i klijente, što bi omogućilo strateško turističko pozicioniranje Dunavskog regiona uz ekološki osvešćenu mobilnost.

Za realizaciju predviđenih aktivnosti potreban je sveobuhvatni okvir, kao i usmerenost na mobilisanje resursa u sektoru turizma.

2.2. Ekološki aspekt Dunava

Duž toka, Dunav je izvor vode za piće za oko 10 miliona ljudi. U Baden-Virtembergu, u Nemačkoj, skoro 30 % vode za piće u oblasti između Štutgarta, Bad Mergentajma, Alena i Alb-Dunava dolazi iz pročišćene vode Dunava, a koristi se i u drugim gradovima poput Ulma i Pasaua.

U Austriji i Mađarskoj, voda za piće se uglavnom crpi iz zemlje ili sa izvora, a samo u retkim slučajevima se koristi voda iz Dunava. Većina država kroz koje protiče Dunav, takođe smatraju da je previše teško očistiti vodu, zbog velikog zagađenja. Samo delovi Rumunije, gde je voda čistija, i dalje se snabdevaju vodom za piće iz Dunava (Enache i dr., 2009).

Opšte je prihvaćeno da nepostojanje infrastrukture za zaštitu životne sredine, loše prakse upravljanja životnom sredinom, kao i slabo sprovođenje zakona i propisa u

oblasti zaštite životne sredine, predstavljaju prepreku za ekološki prihvatljiv društveno-ekonomski razvoj.

Aktivan razvoj vodnih resursa i zemljišta, njihova eksploatacija i problemi zagađenja su zauzeli značajno mesto u većini podunavskih zemalja tokom nekoliko poslednjih decenija dvadesetog veka (Literáthy, 1975; Krizan i Miloradov, 1997; Somlyódy i dr., 1999; Literáthy i László, 1999; Weilguni i Humpesch, 1999; Hilton, 2006). Problem zagađenja vodnih resursa u pojedinačnim podunavskim zemljama postao je glavna tema rasprave. Nažalost, brojni naučnici i stručnjaci iz oblasti zaštite životne sredine počeli su intenzivnije da se bave problemima zagađenja vode Dunava relativno kasno, tek s kraja osamdesetih godina dvadesetog veka. Hemikalije u vodi su ubile veliki deo vodenog života i uništile veliki deo ribarstva na Dunavu (Garnier i dr., 2002; Stanić i dr., 2006; Jarić i dr., 2011). U najvećoj ekološkoj katastrofi u Mađarskoj, 2010. godine, nastaloj izlivanjem toksičnog, crvenog mulja iz rezervoara fabrike aluminijuma u Mađarskoj, koji je iz pritoka dospeo u Dunav, stradalo je devetoro ljudi.

Zbog ljudske prekomerne upotrebe i zagađenja, vode Dunava danas akumuliraju neprečišćene otpadne vode iz gradova, hemikalije iz poljoprivrede, otpad iz fabrika i naftne mrlje od brodova. Veći deo ovog zagađenja se vremenom taloži i na obalama reke, šireći bolesti i čineći ih ne bezbednim za stanovnike i turiste (Thielen i dr., 2004; Woitke i dr., 2003).

U Mađarskoj se prečišćavanje ne sprovodi do kraja jer Budimpešta ima sistem za prečišćavanje otpadnih voda, ali manji gradovi ga nemaju. Austrija i Nemačka su dostigle visok stepen prečišćavanja otpadnih voda, dok Slovačka još uvek ne zadovoljava onaj nivo koji bi trebalo da ima kao članica Evropske unije (Mitkova i dr., 2005). Ipak, najveći zagađivači Dunava su ljudi, duž čitavog sliva, koji ne preduzimaju značajnije mere zaštite reke i, odlažući sanaciju zagađenja, štete sami sebi (Micić i dr., 2010; Kirschner i dr., 2009).

U principu, svi gradovi u Srbiji koji se nalaze na Dunavu, sa svojom industrijom predstavljaju najveće zagađivače reke i nijedan nema kolektor otpadnih voda. „Petrohemija“ u Pančevu jedina ima postrojenje za preradu otpadnih voda, ali ono radi povremeno i nedovoljno. Ostali industrijski zagađivači svoje otpadne vode ispuštaju direktno u Dunav.

Dunav takođe ugrožavaju i njegove pritoke: Morava, Timok i Tamiš u našoj zemlji, a Sava i Drava u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini, koje takođe nemaju prečistače. Taj problem je nešto bolje rešen kod preostalih zemalja koje se nalaze uzvodno uz Dunav.

Značajni ekološki i zdravstveni rizici u Srbiji potiču od lošeg kvaliteta vode i loše kanalizacione mreže. Površinske vode lošeg kvaliteta mogu da ugroze zdravlje ljudi kada se koriste u rekreativne svrhe, naročito kada su plavo-zelene alge prisutne u eutrofnim vodama, što može izazvati ozbiljne iritacije kože ili očiju. U pojedinim delovima Srbije, karakteristična je pojava „Dunavske endemske nefropatije“ (poznate i kao „balkanska endemska nefropatija“ odnosno, hronična bolest bubrega) koja se javlja u velikom procentu kod stanovništva naseljenog duž pritoka reke Dunav u Srbiji, Bosni, Hrvatskoj, Bugarskoj i Rumuniji i, prema brojnim objavljenim istraživanjima (Mitić Zlatković, 1995; Anglieva i Mladenova, 1979; Stefanović, 1998; Stefanović, 1999), smatra se da je pojava ove bolesti povezana sa lošim kvalitetom vode za piće (WHO, 2009).

Generalno, vodotoci u Srbiji su zagađeni, a njihov kvalitet se pogoršava. Većina deonica Dunava na svom toku kroz Srbiju može se opisati kao umereno zagađena, ali neke pritoke i deonice donjeg toka Dunava ne zadovoljavaju takav status. U pojedinim oblastima, štetne materije koje potiču od obradivih površina i od teške industrije, zagađuju reke i ozbiljno utiču na kvalitet vode (ICPDR, 2005; WHO, 2009).

U slučaju prečišćavanja otpadnih voda, neophodno je najpre naći rešenja za pojedinačne industrijske sektore kao preduslov za pospešivanje takvih ulaganja. Ključna tekuća pitanja i problemi obuhvataju: zakonodavna pitanja (nepostojanje relevantnog zakonodavstva i neadekvatna primena postojećih propisa, nedostatak sprovođenja ekonomskih instrumenata uključujući podsticajne mere za industriju, neadekvatan monitoring voda i otpadnih voda); pitanja infrastrukture (na primer, infrastrukture za upravljanje otpadom) i pitanja politike industrije, kao što je implementacija sistema upravljanja životnom sredinom.

Istorijski posmatrano, Dunavski region je bio posebno pogođen burnim događajima, sa mnogo sukoba i kretanja stanovništva. Međutim, sa proširenjem EU i uređenjem zakona o očuvanju i zaštiti vodnih resursa, otvaraju se brojne mogućnosti i izazovi za Srbiju u okviru unapređenja čitavog regiona.

Budući da rečni saobraćaj značajno utiče na životnu sredinu i povećanje efikasnosti, njegov potencijal se mora iskoristiti na održiv način. Reka Dunav je značajna transevropska vodena saobraćajnica. Međutim, ona se koristi daleko ispod svog punog kapaciteta, zbog čega postoji posebna potreba za većim brojem modaliteta, boljim povezivanjem sa drugim slivovima, modernizovanjem i proširenjem infrastrukture saobraćajnih čvorova.

Dunavski region predstavlja međunarodni hidrološki basen i ekološki koridor, što nužno zahteva i regionalni pristup očuvanju prirode, prostornom planiranju i upravljanju vodama. Zagađenje ne poznaje nacionalne granice. Veliki problemi, kao što su neobrađivanje otpadnih voda i neadekvatno đubrenje i iskorišćavanje zemljišta, čine Dunav veoma zagađenim. Nepostojanje rešenja za tretman klaničkog otpada i otpadnih voda koje otiču sa gazdinstava predstavlja još jedan u nizu problema. Uticaji saobraćajnih veza, razvoja turizma i novih energetske objekata na životnu sredinu moraju se takođe uzeti u obzir.

Velike poplave, suše i industrijska zagađenja događaju se isuviše često. Prevencija, spremnost i efikasnija reakcija zahtevaju visok stepen saradnje naše zemlje i razmenu informacija sa ostalim zemljama Dunavskog regiona.

Ovim izazovima se najbolje prilazi zajedno, identifikovanjem prioriteta, dogovorom i zajedničkim sprovođenjem akcija. Stručnjaci za razvoj i zaštitu životne sredine moraju naći inovativna rešenja, rešavajući zajedno najteža pitanja za dobrobit čitavog Regiona. Ukoliko bi samo Beograd, Novi Sad i Pančevo napravili prečistače otpadnih voda, problemi zagađenja bi se smanjili za oko 90 odsto. Istovremeno bi morala da se učvrsti i saradnja sa susednim zemljama koje bi to isto uradile na svojim rekama, pritokama Dunava.

3. ZAKONODAVNI OKVIR UPRAVLJANJA VODAMA

3.1. Direktive EU o kvalitetu voda i upravljanju vodama

Cilj zakonodavstva u vezi sa vodama jeste da se obezbedi održivo korišćenje vode u Evropskoj uniji, uključujući ostvarenje dobrog statusa površinskih i podzemnih voda sa stanovišta životne sredine, kvaliteta i količina. Zakonodavstvo postavlja sveobuhvatan sistem gazdinstva nad vodama, koji od zemalja članica zahteva da uvedu adekvatne administrativne strukture, planiranje i monitoring. Zakonodavstvo takođe definiše standarde kvaliteta za opšte, površinske i podzemne vode, kao i vode za specifične primene (na primer, za piće ili rekreativno plivanje), standarde za emisiju određenih polutanata (na primer, nitrata ili opasnih supstanci), i tehnološke standarde (na primer, za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda). U tom smislu, Evropska unija je usvojila veći broj dokumenata (direktiva) u oblasti upravljanja vodnim resursima.

3.1.1. Okvirna direktiva o vodama (WFD)

Dugoročnu politiku u domenu voda Evropska unija odredila je usvajanjem Okvirne direktive o vodama (*Water Framework Directive EU/WFD – 2000/60/EC*). WFD je najznačajniji zakonski instrument u oblasti voda i preduslov za uspešno ostvarivanje koncepta integralnog upravljanja životnom sredinom. U Direktivi su formulisani određeni uslovi koji treba da omoguće sprovođenje usvojene politike održivog korišćenja i zaštite voda. Osnovni cilj Okvirne direktive je dovođenje svih prirodnih voda u „dobro stanje“, odnosno, obezbeđenje dobrog hidrološkog, hemijskog i ekološkog statusa voda (EU WFD, 2000). Priprema Srbije u integracione procese EU podrazumeva upoznavanje i harmonizaciju nacionalnog zakonodavstva u sektoru voda sa Evropskim direktivama.

Integralno upravljanje vodnim resursima postavlja nove ciljeve i standarde rešavanja problema u vodoprivredi uvažavajući realne mogućnosti, osnovne principe i zahteve definisane Okvirnom direktivom o vodama Evropske unije. Usklađivanje

nacionalnih zakona, propisa, standarda i institucija u domenu voda i životne sredine sa onima koje je prihvatila Evropska unija je suštinski važno za Srbiju u njenim pripremama za EU integracione procese.

Direktiva ima sledeće ciljeve: sprečavanje propadanja kao i poboljšanje statusa vodenih eko-sistema; unapređenje dugoročne zaštite raspoloživih vodenih resursa; obezbeđenje postepenog smanjenja zagađenja površinskih i podzemnih voda; doprinos ublažavanju poplava i suša. Konkretnije, za površinske vode, gde spada i Dunav, ciljevi Direktive su sledeći:

- sprečavanje propadanja statusa svih vodenih površina;
- zaštita i obnavljanje dobrog statusa vode u svim prirodnim vodenim telima do 2015. godine;
- zaštita i unapređenje dobrog ekološkog potencijala i dobrog hemijskog statusa u svim veštačkim i značajno izmenjenim vodenim površinama do 2015. godine;
- ukidanje ispuštanja prioriternih opasnih supstanci i postepeno smanjenje drugih prioriternih supstanci.

Cilj je da se do 2015. godine postigne poštovanje svih standarda za zaštićene oblasti. Direktiva zahteva uspostavljanje administrativnih jedinica i nadležnih organa na bazi rečnih slivova. U svakom rečnom slivu nadležni organ analizira karakteristike sliva i uticaj ljudskih aktivnosti na status vodenih površina i vrši ekonomsku analizu korišćenja vode. Za svaki rečni sliv zatim se određuje i usvaja program mera i plan za upravljanje rečnim slivom, uz poštovanje pravila o informisanju i konsultovanju javnosti.

Osnovne mere usmerene na ostvarenje ciljeva Direktive su sledeće:

- primena zakonodavstva Evropske unije u oblasti politike voda;
- mere usmerene na pokriće troškova za usluge isporuke vode i uvođenje ekonomskih podsticajnih mera za efikasnije korišćenje vode;
- mere usmerene na poštovanje zakona u vezi sa vodom za piće, uključujući obezbeđenje kvaliteta vode namenjene za piće;

- kontrola korišćenja površinske i podzemne vode, uključujući izdavanje odobrenja za korišćenje;
- kontrola veštačkog popunjavanja i jačanja povećanja volumena podzemnih voda;
- kontrola zagađenja iz poznatih izvora (*point source pollution*), uključujući zabranu ili odobrenje za njihovo ispuštanje u površinske vode;
- kontrola zagađenja iz difuznih izvora, uključujući zabrane, ovlašćenja, ili registraciju aktivnosti koje uzrokuju prodor polutanata u vodene površine;
- mere kojima se obezbeđuje da hidromorfološki uslovi budu postojani, sa definisanim, dobrim ekološkim statusom ili dobrim ekološkim potencijalom;
- mere za eliminaciju zagađenja po prioritetu supstanci;
- mere za sprečavanje slučajnih zagađenja.

Direktiva predviđa da Evropska komisija usvoji spisak prioriternih opasnih supstanci i spisak prioriternih supstanci. Taj spisak definiše supstance koje predstavljaju značajnu opasnost za vodenu sredinu. Na njih se primenjuju mere čiji je cilj postepeni prestanak ili postepeno smanjenje ispuštanja u vodene površine, kako je ranije opisano.

3.1.2. Direktiva Saveta broj 75/440/EEC koja se odnosi na zahtevani kvalitet površinske vode namenjene za zahvatanje za vodu za piće u državama članicama

Zahtevi kvaliteta, koje površinska sirova voda koja se koristi ili je namenjena za korišćenje za zahvatanje za vodu za piće, mora ispunjavati, kako bi se nakon zahvata primenio odgovarajući tretman, predmet su regulative Direktive 75/440/EEC. Ovom Direktivom, Anex I, površinske vode su razvrstane u odnosu na granične vrednosti pokazatelja kvaliteta u tri kategorije, sa predloženim standardim metodama prečišćavanja do kvaliteta vode za piće (EU Directive, 1975):

A1 - jednostavan fizički tretman i dezinfekcija (na primer, brza filtracija i dezinfekcija);

A2 - normalan fizički tretman, hemijski tretman i dezinfekcija (na primer, prethodno hlorisanje, koagulacija, flokulacija, dekantacija, filtracija, dezinfekcija ili završno hlorisanje);

A3 - intenzivni fizički i hemijski tretman, produžen tretman i dezinfekcija (na primer, kontaktno hlorisanje, koagulacija, flokulacija, dekantacija, filtracija, adsorpcija (aktivnim ugljem) i dezinfekcija (ozonom, završno hlorisanje)).

Ove grupe odgovaraju trima različitim kvalitetima površinske vode prema njihovim fizičkim, hemijskim i mikrobiološkim karakteristikama uspostavljenim u tabelarnom pregledu Direktive (Anex II). Površinske vode, čije fizičke, hemijske i mikrobiološke karakteristike odstupaju od obaveznih graničnih vrednosti koje odgovaraju tretmanu tipa A3, ne mogu se koristiti za zahvatanje za vodu za piće. Međutim, voda takvog sniženog kvaliteta može se, u izuzetnim okolnostima, koristiti ako se primene odgovarajući postupci kako bi se kvalitativne karakteristike vode dovele do nivoa standarda kvaliteta vode za piće.

3.1.3. Direktiva Saveta broj 91/271/EEC o prečišćavanju komunalnih otpadnih voda

U skladu sa Direktivom Saveta broj 91/271/EEC, od zemalja članica se zahteva da obezbede prikupljanje i prečišćavanje komunalnih otpadnih voda (EU Directive, 1991). Opšti zahtev je sekundarno prečišćavanje, osim za određene priobalne oblasti, za koje može da bude dovoljno primarno prečišćavanje. Direktiva predviđa rokove u kojima je potrebno realizovati odgovarajuće sisteme za sakupljanje i prečišćavanje; najpre u većim, a kasnije u manjim aglomeracijama, ali najkasnije do 2005. godine. Zemlje članice su obavezne da identifikuju osetljive oblasti – one u kojima su vodene površine eutrofične, imaju slabu razmenu voda ili se koriste za crpljenje pitke vode. U osetljivim oblastima, zahtevi su stroži. Najpre je potrebno obezbediti sisteme prikupljanja i prečišćavanja i primenjivati tercijarno prečišćavanje.

Direktiva takođe zahteva da se industrijske otpadne vode, koje se ispuštaju u komunalne sisteme za prečišćavanje, prethodno prečiste u predtretmanu, tako da voda koja se ispušta iz postrojenja nema negativan uticaj na životnu sredinu i da mulj može

bezbedno ponovo da se koristi ili odlaže. Direktiva zahteva od zemalja članica da uspostave odgovarajuća tela za administraciju i monitoring, uključujući i izdavanje dozvola za ispuštanje komunalnih otpadnih voda u recipijente i odlaganje mulja.

3.1.4. Direktiva Saveta broj 91/676/EEC o zaštiti voda od zagađenja nitratima iz poljoprivrednih aktivnosti

Cilj Direktive Saveta broj 91/676/EEC je sprečavanje i smanjenje zagađenja nitratima (EU Directive, 1991a). Od zemalja članica se zahteva da usvoje „Kodeks dobre poljoprivredne prakse”, koji se bavi pitanjima o uzrocima zagađenja voda iz poljoprivrednih izvora. Iako se Kodeks primenjuje po principu dobrovoljnosti, zemlje članice treba da definišu program koji obuhvata obuku i informisanje poljoprivrednika radi promovisanja primene Kodeksa.

Zemlje članice su obavezne da identifikuju zone osetljive na zagađenje od nitrata: površinske vode namenjene preradi u vodu za piće, rezervoare podzemnih voda sa višim sadržajem nitrata ili vodene površine sklone eutrofikaciji. Obavezno je i usvajanje akcionih programa koji obuhvataju mere za primenu Kodeksa i drugih mera neophodnih za smanjenje i sprečavanje zagađenja od nitrata. Zemlje članice su takođe u obavezi da prate sadržaje nitrata u vodenim površinama, u skladu sa specifikacijama definisanim u Direktivi, kako bi se identifikovale osetljive oblasti i analizirali rezultati preduzetih akcionih programa.

3.1.5. Direktiva Saveta broj 96/61/EEC o integralnom sprečavanju i kontroli zagađenja (IPPC)

Direktiva Saveta broj 96/61/EC (IPPC, 1996) odnosno, njena kodifikovana verzija 2008/1/EC (EU Directive, 2008), ima za cilj integrisano sprečavanje i smanjenje zagađenja životne sredine, uzimajući u obzir emisije zagađenja u vazduh, vodu i zemljište, generisanje otpada i potrošnju energije. Direktiva zahteva da nadležni organ izdaje dozvole za sve glavne industrijske aktivnosti navedene u Prilogu uz Direktivu. Dozvola koju nadležni organ izdaje nekoj industrijskoj organizaciji treba da navodi uslove koji garantuju visok nivo zaštite životne sredine u celini. Ti uslovi treba da

uključuju granične vrednosti za emisiju zagađenja u vazduh, vodu i zemljište, uzimajući u obzir njihov potencijal prenošenja zagađenja iz jedne sredine u drugu.

Granične vrednosti emisije i ostali uslovi treba da se zasnivaju na konceptu najboljih raspoloživih tehnika – BAT (*best available techniques*) tehnika. Najbolje raspoložive tehnike podrazumevaju najsvrsishodnije i najrazvijenije metode rada u dotičnoj vrsti industrijske proizvodnje, kojima se postiže visok stepen zaštite životne sredine, a koje su izvodljive sa tehničkog i ekonomskog stanovišta. U praksi, nivoi BAT tehnika koji važe na nivou zajednice, definišu se kroz razmenu informacija između Komisije, nadležnih organa zemalja članica i industrijskih organizacija. Zajednički istraživački centar – JRC (*joint research centre*) sa sedištem u Sevilji, u Španiji, osnovan je radi uspostavljanja referentne dokumentacije u oblasti BAT tehnika i davanja smernica o tome šta se u kontekstu EU smatra BAT tehnikom.

Ova Direktiva predviđa da se, ukoliko se kroz razmenu informacija utvrdi da za to postoji potreba, na nivou EU definišu zajedničke granične vrednosti emisije za različite vrste industrijskih instalacija i za različite polutante. U međuvremenu, u uslovima kada ne postoje granične vrednosti emisije na nivou EU, za pitanja koja se odnose na IPPC Direktivu treba primenjivati granične vrednosti emisije, definisane u drugim direktivama kao relevantne granične vrednosti.

Zemlje članice moraju obavezati industrijske organizacije da se pridržavaju odredbi iz svojih dozvola. Industrija je obavezna da obavesti nadležni organ o rezultatima merenja i drugim relevantnim pitanjima. Sadržaj zahteva za izdavanje dozvole koju podnosi neka industrija, sama dozvola i rezultati merenja moraju biti dostupni javnosti. Evropska komisija vodi javnosti dostupan Evropski registar emisije polutanata (EPER), čije je uspostavljanje definisano Odlukom Komisije broj 2000/479/EC, sa podacima koje dostavljaju zemlje članice o emisijama i o glavnim zagađivačima.

3.2. Upravljanje vodama u Srbiji

Sliv reke Dunav predstavlja jedan od tri značajna sliva na teritoriji Republike Srbije, čineći sa njima jedinstven vodni prostor za upravljanje vodama. Oni su klasifikovani na sledeći način ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010): 1) deo sliva Crnog mora (sliv reke Dunav); 2) deo sliva Egejskog mora (podslivovi Pčinje, Lepenca i Dragovištica); 3) deo sliva Jadranskog mora (sliv Belog Drima i podsliv Plavske reke).

Sliv reke Dunav obuhvata podsliv Save, sa Drinom i Kolubarom, podsliv Tise, podsliv Velike, Južne i Zapadne Morave sa Ibrom, podsliv Tamiša i drugih banatskih vodotoka, deo neposrednog sliva reke Dunav, sa Mlavom, Pekom, Porečkom rekom i Timokom na teritoriji Republike Srbije.

Integralno upravljanje vodama, prema Zakonu o vodama ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010), čini „skup mera i aktivnosti usmerenih na održavanje i unapređenje vodnog režima, obezbeđivanje potrebnih količina voda zahtevanog kvaliteta za različite namene, zaštitu voda od zagađivanja i zaštitu od štetnog dejstva voda. Upravljanje vodama je u nadležnosti Republike Srbije a ostvaruje se preko nadležnih ministarstava, organa autonomne pokrajine, organa jedinice lokalne samouprave i javnog vodoprivrednog preduzeća.“

Upravljanje Dunavom zasniva se, prema Zakonu o vodama, na brojnim načelima koja se tiču održivog razvoja Dunava tako da se potrebe sadašnjih generacija zadovoljavaju na način kojim se ne ugrožava mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe, odnosno mora se obezbediti korišćenje voda zasnovano na dugoročnoj zaštiti raspoloživih vodnih resursa, po količini i kvalitetu. Takođe je potrebno uvažiti i načelo celovitosti po kojem se procesi u prirodi, čija je značajna komponenta voda, kao i povezanost i međuzavisnost akvatičnih i priobalnih ekosistema, moraju poštovati. Upravljanje vodama u okviru jedinstvenog vodnog prostora mora se odvijati u skladu sa razvojem Republike Srbije, u cilju postizanja maksimalnih ekonomskih i socijalnih efekata, na pravičan način i uz uvažavanje međunarodnih sporazuma. Svakako ne sme se zanemariti ni načelo obezbeđivanja zaštite od štetnog dejstva voda, poplava, uz uvažavanje zakonitosti prirodnih procesa i zaštite prirodnih vrednosti. Prema Zakonu o vodama i načelu „korisnik plaća“, svako ko koristi vodno dobro i vodni objekat, odnosno vodni sistem, kao dobro od opšteg interesa, dužan je da za njegovo korišćenje plati realnu cenu, a po načelu „zagađivač plaća“, svako ko svojim

aktivnostima prouzrokuje zagađenje vode dužan je da snosi troškove mera za otklanjanje zagađenja.

Javnost ima pravo na informacije o stanju voda i radu nadležnih organa u oblasti voda, kao i na uključenje u procese pripreme i donošenja planova upravljanja vodama i kontrole njihovog izvršenja. Pri upravljanju vodama moraju se primenjivati najbolje poznate i dostupne tehnike, koje predstavljaju najnaprednija dostignuća u određenim oblastima ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010).

Planska dokumenta za upravljanje vodama su: 1) Strategija upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije; 2) plan upravljanja vodama; 3) godišnji program upravljanja vodama; 4) planovi kojima se uređuje zaštita od štetnog dejstva voda, i to: plan upravljanja rizicima od poplava, opšti i operativni plan za odbranu od poplava, kao i planovi kojima se uređuje zaštita voda (plan zaštite voda od zagađivanja i program monitoringa).

3.2.1. Strategija upravljanja vodama

Strategija upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije, kao planski dokument kojim se utvrđuju dugoročni pravci upravljanja vodama, naročito se odnosi na ocenu postojećeg stanja upravljanja vodama; utvrđivanje ciljeva i smernica za upravljanje vodama, definisanje mera za ostvarivanje utvrđenih ciljeva i projekciju razvoja upravljanja vodama ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010).

Ocena postojećeg stanja upravljanja vodama obuhvata: ocenu stanja vodnih resursa i vodnog režima u Republici Srbiji, postojeće stanje vodnih objekata i sistema, i aktuelna pravna i institucionalna rešenja u oblasti upravljanja vodama.

Ciljevi i smernice za upravljanje vodama određuju:

- ciljeve upravljanja vodama i održivog razvoja;
- smernice za održavanje i unapređenje vodnog režima;
- prioritete za postizanje ciljeva u upravljanju vodama i unapređenju vodnog režima, u skladu sa održivim razvojem;
- smernice za korišćenje voda, zaštitu voda i zaštitu od štetnog dejstva voda, uključujući i slučajeve kada se podsliv nalazi na više vodnih područja;

- smernice za realizaciju međunarodnih sporazuma koji se odnose na upravljanje vodama, te
- osnovne odrednice monitoringa i informacionog sistema za ostvarenje upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije.

U osnovne mere za ostvarivanje utvrđenih ciljeva upravljanja vodama spadaju aktivnosti planiranja i sprovođenja planova, načina finansiranja, pripreme investicija i investiranja, održavanja i nadzora.

Projekcijom razvoja upravljanja vodama u Republici Srbiji utvrđuju se potrebe za vodom i mogućnost da se obezbedi dovoljna količina vode određenog kvaliteta za različite namene; okvirni vodni bilans; aktivnosti, sredstva i rokovi za dostizanje ciljeva u korišćenju voda, zaštiti voda i zaštiti od štetnog dejstva voda; finansiranje izgradnje i rekonstrukcije vodnih objekata i sistema i drugih poslova od opšteg interesa za Republiku Srbiju; mere ekonomske politike, izvori sredstava i dinamika ulaganja za dostizanje utvrđenih ciljeva upravljanja vodama; potrebni stručni i drugi kapaciteti za dostizanje utvrđenih ciljeva upravljanja vodama, kao i ostale mere za dostizanje utvrđenih ciljeva upravljanja vodama.

Strategiju donosi Vlada, na predlog Ministarstva, za period od najmanje deset godina. Po isteku šest godina od dana donošenja Strategije, preispituju se rešenja utvrđena Strategijom i po potrebi vrši dopuna podloga, kao i izmena i dopuna rešenja sadržanih u Strategiji. Strategije i programi koji se donose na nivou Republike Srbije u oblasti prostornog razvoja, održivog razvoja, održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara, zaštite životne sredine i drugi strateški dokumenti međusobno moraju biti usaglašeni.

3.2.2. Plan upravljanja vodama

Plan upravljanja vodama na vodnom području donosi se, u skladu sa Strategijom, za sliv reke Dunav, kao i za ostala vodna područja na teritoriji Srbije. Za sliv reke Dunav plan upravljanja priprema Ministarstvo. Generalno, ovakav jedan plan upravljanja sadrži ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010):

- generalni opis karakteristika prostora za koji se radi plan upravljanja vodama, što uključuje izradu karata sa naznakom položaja i granica vodnih tela površinskih voda, kartiranje ekoregiona i tipova vodnih tela površinskih voda i izradu karata sa naznakom položaja i granica vodnih tela podzemnih voda;
- prikaz značajnih uticaja ljudskih aktivnosti na status površinskih i podzemnih voda, uključujući procenu zagađivanja od koncentrisanih i rasutih zagađivača, kao i pregled korišćenja zemljišta, procenu pritiska na kvantitativni status vode i njeno zahvatanje;
- identifikaciju i izradu karata ugroženih područja;
- kartu monitoring mreže i kartografski prikaz rezultata osmatranja koji uključuje ekološki i hemijski status površinskih voda i hemijski i kvantitativni status podzemnih voda i zaštićenih oblasti, kao i moguća odstupanja od utvrđenih rokova za realizaciju plana upravljanja vodama;
- listu ciljeva životne sredine u pogledu površinskih i podzemnih voda i zaštićenih oblasti, uključujući i slučajeve u kojima se primenjuje produženje roka za dostizanje ciljeva i manje strogi ciljevi zaštite za određena vodna tela;
- vodni bilans;
- identifikaciju vodnih tela koja se koriste za snabdevanje vodom za piće, a kod kojih je prosečno zahvatanje vode veće od 10 m³/dan, ili služe za snabdevanje vodom za piće više od 50 stanovnika, odnosno koja se planiraju za takvo korišćenje;
- identifikaciju većih aglomeracija;
- rezime registra zaštićenih oblasti, sa kartom na kojoj je označen položaj zaštićenih oblasti i navedenim propisima prema kojima su te oblasti proglašene kao zaštićene;
- prikaz usvojenog programa radova i mera i način na koji će utvrđeni ciljevi biti ostvareni u oblasti zaštite od štetnog dejstva voda, zaštite voda (uključujući i mere za zaustavljanje trendova stalnih i značajnih pogoršanja statusa podzemnih voda i njihov preokret, mere zaštite kojima je cilj primena manjeg stepena prečišćavanja u proizvodnji vode za piće, zabrana unošenja i kontrola emisije zagađenja, zabrana i slučajevi za koje je dozvoljeno direktno ispuštanje zagađenja u podzemne vode, sprečavanje i smanjenje uticaja slučajnih zagađenja i drugo) i

uređenja i korišćenja voda (obezbeđenja vode za piće i druge potrebe, zaštite izvorišta namenjenih za ljudsku potrošnju u budućnosti, kontrole nad zahvatanjem i akumulisanjem vode, uključujući i zabrane korišćenja voda, ekonomske cene korišćene vode i drugo);

- dodatne mere za dostizanje utvrđenih ciljeva životne sredine;
- spisak detaljnijih programa i planova upravljanja vodama za pojedine podslivove, problematiku ili tipove voda, uključujući i njihov sadržaj;
- prikaz ekonomske analize korišćenja i zaštite voda i zaštite od voda, sprovedene uz primenu načela „korisnik plaća” i „zagađivač plaća”;
- prikaz prioriteta, dinamike i načina obezbeđenja sredstava za realizaciju predviđenih radova i mera, uključujući i mogućnost da se za neke predviđene mere ne obezbeđuju sredstva;
- prikaz preduzetih mera javnog informisanja, njihove rezultate i promene plana koje su iz njih proistekle;
- listu nadležnih institucija u oblasti upravljanja vodama, sa prostorom koji obuhvataju, odgovornošću, statusom;
- postupke za pribavljanje osnovne dokumentacije i informacija, a naročito detalje o usvojenim kontrolnim merama za koncentrisane izvore zagađenja i obezbeđenje da hidromorfološki uslovi vodnih tela budu u skladu sa postizanjem zahtevanog ekološkog statusa ili dobrog ekološkog potencijala kod veštačkih i značajno izmenjenih vodnih tela, kao i detalje o podacima monitoringa;
- pregled obaveza preuzetih međunarodnim sporazumima koji se odnose na upravljanje vodama i način njihovog ostvarivanja;
- principe uspostavljanja vodnog informacionog sistema za obezbeđenje upravljanja vodama na vodnom području, odnosno podslivu.

Radi ostvarivanja ciljeva utvrđenih Strategijom, planom upravljanja vodama za vodna područja i planom upravljanja vodama za sliv reke Dunav, utvrđuje se program mera koje se odnose na uređenje vodotoka i zaštitu od štetnog dejstva voda, uređenje i korišćenje voda, kao i zaštitu voda.

Mere koje se odnose na uređenje vodotoka i zaštitu od štetnog dejstva voda su mere koje se odnose na: uređenje vodotoka i zaštitu od poplava, zaštitu od erozije i

bujica, zaštitu od unutrašnjih voda, potreban obim izgradnje vodnih objekata i prioritete njihove realizacije.

Mere koje se odnose na uređenje i korišćenje voda su mere koje se odnose na: očuvanje vodnih količina, uključujući i mere kontrole zahvaćenih količina; veštačko obogaćivanje ili povećanje zapremine podzemnih izdani, uključujući i mere kontrole količina i kvaliteta voda korišćenih u te svrhe; obezbeđivanje da hidromorfološki uslovi vodnih tela budu u skladu sa postizanjem zahtevanog ekološkog statusa ili dobrog ekološkog potencijala veštačkih i značajno izmenjenih vodnih tela; racionalno i ekonomski isplativo korišćenje voda; te povraćaj troškova korišćenja voda.

Mere koje se odnose na zaštitu voda su mere kojima se kvalitet voda štiti i unapređuje, koje su utvrđene propisima iz oblasti zaštite životne sredine i zdravlja i koje su utvrđene propisima iz oblasti poljoprivrede, ribarstva i drugo, prema Strategiji iz Zakona o vodama, Republike Srbije ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010).

Pored propisanih mera, program mera može da sadrži i druge mere, kojima se obezbeđuje smanjenje nepovoljnog uticaja na vode i akvatični i priobalni ekosistem, podstiče racionalno korišćenje i zaštita voda, sprovodi edukacija stanovništva, vrši stručni i naučno-istraživački rad u oblasti voda i drugo. Organi koji su doneli program mera vrše njegovo preispitivanje i po potrebi noveliranje svake šeste godine, računajući od dana njegovog donošenja.

Godišnji program upravljanja vodama je planski dokument kojim se određuju vodni objekti, vrsta i obim radova, odnosno poslova koji se finansiraju u periodu za koji se godišnji program donosi, visina sredstava za realizaciju radova, odnosno poslova, visina učešća i druga pitanja vezana za izgradnju, rekonstrukciju, sanaciju i održavanje vodnih objekata i za obavljanje poslova koji se smatraju poslovima od opšteg interesa. Godišnji program mora biti u skladu sa Strategijom i planom upravljanja vodama.

4. REGIONALNI ASPEKTI UPRAVLJANJA DUNAVOM

Dunav je suštinski važan, kako za zemlje članice Evropske unije, tako i za zemlje kandidate za članstvo u Uniji jer olakšava otvaranje Evrope prema regionu Crnog mora, južnom Kavkazu i Centralnoj Aziji. Strategija Evropske unije za razvoj Dunavskog regiona upravo doprinosi ostvarenju ciljeva Evropske unije, jačajući osnovnu politiku evropske inicijative, u kontekstu Evropske strategije do 2020. godine.

Dunavski region je funkcionalno povezan prostor definisan svojim slivom. Formiranjem tela za saradnju, kao što su „Dunavska komisija“ i „Međunarodna komisija za zaštitu reke Dunav“ (ICPDR) omogućeno je bavljenje specifičnim pitanjima u regionu. Strategija širi ovaj pristup kako bi se na integralni način bavila prioritetima: Nemačkom (Baden-Virtemberg i Bavarska), Austrijom, Slovačkom Republikom, Češkom Republikom, Mađarskom, Slovenijom, Rumunijom i Bugarskom u okviru EU, kao i Hrvatskom, Srbijom, Bosnom i Hercegovinom, Crnom Gorom, Republikom Moldavijom i Ukrajinom (regija duž Dunava) izvan Evropske unije. Budući da se Dunav uliva u Crno more, Strategija bi trebalo da bude koherentna u odnosu na perspektivu Crnog mora. Sa preko sto miliona ljudi, a kao petina površine EU, ova oblast je od vitalnog značaja za Evropu.

4.1. Dunavska strategija

U regionu Dunava postoji permanentna potreba za povezivanjem ljudi, njihovih ideja i potreba. Neophodno je modernizovati i revitalizovati saobraćajne veze između zemalja Regiona i omogućiti unapređene sisteme komunikacija (Strategija, 2010). Zahvaljujući boljim vezama i alternativnim izvorima, energija može da bude jeftinija i sigurnija. Razvoj može i treba da bude u ravnoteži sa zaštitom životne sredine, u okviru pristupa održivog razvoja, i u skladu sa propisima o zaštiti životne sredine. Integralni pristup smanjiće rizike i katastrofe, poput poplava, suša i industrijskih nezgoda. Takođe je moguće smanjiti ili prevazići disparitet u obrazovanju i zapošljavanju u regionu, čime

bi se čitav region učinio bezbednim i sigurnim područjem, bez sukoba, marginalizacije i kriminala tretiranog na odgovarajući način.

Ideja Dunavske strategije je da do 2020. godine svi građani Regiona imaju bolje izgleda za visoko obrazovanje, zaposlenje i prosperitet u svojim zemljama. Strategija bi trebalo da učini Region sigurnim i pouzdanim regionom 21. veka, jednim od najatraktivnijih u Evropi.

Da bi se ovi ciljevi ostvarili, Evropski savet je zatražio od Evropske komisije da pripremi strategiju, ali poštujući principe koji ne dozvoljavaju kreiranje novih zakonskih okvira, novih institucija, kao ni dodatna finansijska sredstva za ovu inicijativu, s ciljem da se na najbolji način iskoriste postojeći resursi. To se i ostvarilo 24. juna 2011. godine kada je proces usvajanja Strategije i formalno okončan.

Dunavska Strategija pruža veliku podršku mnogim projektima u oblasti voda koji doprinose celokupnom poboljšanju kvaliteta vode u dunavskom slivu. Projekti iz oblasti prerade otpadnih voda, kanalizacionog otpada ili vode za piće u Austriji, Bugarskoj, Češkoj, Mađarskoj, Rumuniji, Crnoj Gori, Bosni i Hercegovini, Hrvatskoj i Srbiji, finansijski i tehnički su podržani od strane Evropske investicione banke. Raspoloživost i kvalitet slatkovodnih izvora je od esencijalne važnosti. Voda ima toliko nezamenljivih funkcija, počevši od potrebe za piće, za navodnjavanje, industriju, proizvodnju struje, transport pa sve do potencijala za razvoj turizma. Ekosistemima je potrebna kvalitetna voda kako bi valjano funkcionisali i kako bi se održao biodiverzitet.

Upravljanje vodama zahteva dobru koordinaciju i čvrstu međusobnu saradnju između zemalja i između sektora, zbog čega predstavlja ključno pitanje za Dunavski region. Ovakva koordinacija je već omogućena uz pomoć „Međunarodne komisije za zaštitu reke Dunav“ (ICPDR), upravnog organa „Konvencije o zaštiti Dunava“ (DRPC), koja je osnovana 1998. godine i podržana od strane Sekretarijata kako bi se Konvencija sprovela, a u novije vreme i zarad ostvarivanja prekograničnog aspekta Okvirne direktive o vodama.

Glavne pritoke su, po uzoru na Dunav, takođe počele da rade na pojačanoj saradnji. Tako je, naime, osnovana „Međunarodna komisija za sliv reke Save“ (ISRBC) koja ima za cilj uspostavljanje održivog upravljanja vodama i plovidbe na Savi. Saradnjom u okviru sliva Tise, koordinira „Grupa za reku Tisu“ u okviru ICPDR-a. Pri tom, upravljanje vodama širom EU mora da bude usklađeno sa nizom zakonskih akata

koji dovode do konkretnih aktivnosti i ulaganja u državama članicama. Ove aktivnosti imaju za cilj poboljšanje kvaliteta voda, što je naročito važno za Dunavski region. Konkretno, implementacija Okvirne direktive EU o vodama, Direktive za preradu gradskih otpadnih voda ili Direktive o nitratima trebalo bi da garantuje značajno poboljšanje kvaliteta vode.

Nedavna detaljna analiza sprovedena u okviru ICPDR-a dala je prilično pouzdanu i potpunu sliku o kvalitetu vode i pitanjima vodoprivrede duž Dunavskog sliva. Ovo se navodi u „Planu za upravljanje slivom reke Dunav“ (DRMP), koji su u decembru 2009. godine usvojile sve ugovorne strane. Na osnovu analize jasno se vidi da postoje značajni problemi duž celog sliva reke, ali se i naglašava da podsticaj za dalje istraživanje i utvrđivanje korektivnih i preventivnih mera obezbeđuju zakonski akti Evropske unije poput Okvirne direktive o vodama i mnogi drugi (ICPDR, 2005). Pitanja gazdovanja vodom trebalo bi da se posmatraju integralno, što zapravo znači da su problemi poplava i nestašica vode ili pak problem upravljanja čvrstim otpadom od istog ključnog značaja, pa ih treba razmatrati u celini.

Od naročitog značaja za Region je kvalitet vode koji se uliva u Crno more. Iako je malo podataka o drugim rekama koje se ulivaju u ovo more, logična pretpostavka je da najveći broj zagađivača dolazi iz Dunava zbog velike količine fosfata koji dospeva u Crno more rečnim putem. Zbog toga će pozitivne aktivnosti za smanjenje zagađenosti Dunava direktno povoljno uticati i na Crno more i njegov morski svet. S pravne tačke gledišta, pošto je Crno more osetljivo područje prema Direktivi o gradskim otpadnim vodama, sve fabrike za preradu gradskih otpadnih voda u uzvodnim aglomeracijama EU, koje imaju više od 10.000 stanovnika, moraju obezbediti napredniju preradu vode.

4.1.1. Pitanje kvaliteta vode

Plan za upravljanje slivom reke Dunav i njegovo osnovno istraživanje, monitoring i analiza izdvojili su četiri glavna problema u vezi sa kvalitetom vode (površinske i podzemne, kao i njenog hemijskog i ekološkog stanja) duž Dunavskog sliva (Akcioni plan, 2010):

- Organsko zagađenje: prouzrokovano ispuštanjem delimično prerađenih ili neprerađenih otpadnih voda koje potiču od aglomeracija, industrije i poljoprivrede. Organsko zagađenje dovodi do poremećaja u nivou kiseonika kod površinskih voda i ima direktan negativan uticaj na vodeni ekosistem.
- Zagađenje nutrijentima: prouzrokovano ispuštanjem fosfata i azota u poljoprivredi (nastalih kao posledica obrade zemlje - mineralna đubriva ili kao posledica stočarstva- stajnjak) i ispuštanjem neprerađenih otpadnih voda iz industrija i iz gradskih područja. Zagađenje hranjivim sastojcima obično izaziva eutrofikaciju i na taj način podstiče ubrzani rast algi i drugih nepoželjnih biljaka koje utiču na druge organizme i naposljetku smanjuju kvalitet vode. Direktiva o nitratima (EU Directive, 1991a) bi trebalo da se u potpunosti sprovede u ovom regionu.
- Zagađenje opasnim supstancama: uglavnom prouzrokovano industrijskim otpadnim vodama, ispuštanjem materija nastalih kao posledica rudarskih aktivnosti i slučajnog ispuštanja. Zagađenje otrovnim supstancama može ozbiljno ugroziti ekosistem (i vodeni i kopneni) i direktno uticati na zdravlje ljudi.
- Hidromorfološke promene na rekama i jezerima: prekidanje rečnog i stanišnog kontinuiteta, razdvajanje susednih močvarnih/plavnih područja i hidrološke promene značajno utiču na kvalitet vode. Rečni kontinuitet je takođe veoma bitan kako bi se omogućilo najugroženijim vrstama, poput jesetre, da očuvaju svoju populaciju. Takođe, mora se uzeti u obzir i uticaj na ekološko stanje vode i njena ravnoteža sedimenta.

4.2. Primena Dunavske strategije u Srbiji

Republika Srbija ima veliki značaj u budućem ostvarivanju ciljeva zajedničke sveobuhvatne strategije za zemlje dunavskog sliva. Uključivanjem Srbije u izradu ove strategije i njenom kasnijom primenom, doprineće se jačanju ekonomije, integraciji sektorskih politika Republike Srbije u razvojne planove EU i pospešivanju bilateralne i multilateralne saradnje Srbije sa svim ostalim zemljama dunavskog sliva. Mihić i saradnici (Mihić i dr., 2010) naglašavaju značaj zaštite životne sredine u dunavskom basenu i smatraju da je, u cilju adekvatnog upravljanja održivom strategijom razvoja u regionu, neophodno najpre sprovesti detaljnu analizu trenutnog stanja. Svojim učešćem u procesu izrade i kasnijom primenom Strategije, Republika Srbija potvrđuje svoje

strateško opredeljenje za punopravnim članstvom u Evropskoj uniji i jedan je od koordinatora Dunavske strategije.

Korišćenje potencijala Dunava kao značajnog resursa za održivi razvoj Republike Srbije predstavlja generalni cilj primene strategije u Srbiji, a oblasti od značaja i velikog prioriteta prilikom primene strategije su razvoj transporta, energetike i informaciono-komunikacionih tehnologija duž čitavog toka Dunava. Zaštita životne sredine i održivo korišćenje prirodnog bogatstva u slivu reke Dunav, jačanje regionalne saradnje i partnerstva u regionu Podunavlja, uspostavljanje sistema sigurne plovidbe i afirmacija principa vladavine prava u slivu reke Dunav, kao i stvaranje ekonomije znanja kroz saradnju u regionu Podunavlja i aktivna uloga nauke u postizanju ciljeva strategije su sledeći značajni aspekti (Strategija, 2010).

Svetske organizacije svakodnevno upozoravaju na važnost očuvanja i smanjenje ugrožavanja biodiverziteta za sigurniju budućnost opstanka čoveka. Na planeti zemlji živi nešto manje od dva miliona bioloških vrsta. Ljudska vrsta je samo jedna od njih, a ipak ima veliki uticaj na sve ostale vrste. Kada jedna vrsta nestane iz ekosistema, to može imati nesagledive posledice po okolni živi svet, uključujući i čoveka. Ipak, čovekov uticaj po okolinu je jedini kojeg je moguće kontrolisati. Upravo iz ovih razloga potrebno je usmeriti pažnju na očuvanje i obnavljanje narušenih ekosistema i prirodnih staništa, kao i očuvanje i oporavak ugroženih vrsta. Prirodna dobra trebalo bi racionalno koristiti i ponašati se tako da se ravnoteža biljnog i životinjskog sveta ne naruši.

4.3. Kategorizacija kvaliteta površinskih voda u Srbiji

Kontrola kvaliteta površinskih voda prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka i Uredbi o klasifikaciji voda u Republici Srbiji („Sl. glasnik SRS“, br. 5/68) razvrstava sve vodotoke u četiri kategorije, odnosno definiše zahtevane klase kvaliteta vode na određenim potezima vodotoka. Površinska voda je tako prema graničnim vrednostima pokazatelja kvaliteta svrstana u klase I, II, III, IV i VK (van klase). Kategorizacija se vrši na osnovu sledećih pokazatelja kvaliteta vode: suspendovane materije, ukupni suvi ostatak, pH, rastvoreni kiseonik, BPK-5, stepen saprobnosti po Libmanu, stepen biološke produktivnosti, najveći broj koliformnih klica, vidljive otpadne materije, приметna boja i приметan miris („Sl. glasnik SRS“, br. 5/68). Ovom Uredbom, ipak, nije

dat postupak kako da se na osnovu pojedinačno kategorisanih jedanaest pokazatelja kvaliteta odredi zajednička klasa koju je moguće uporediti sa propisanom.

Tabela 4.1. Klasifikacija površinskih voda prema zakonskoj regulativi Srbije (*izvor: „Sl. glasnik SRS“, br. 5/68*)

Pokazatelji kvaliteta vode	Klasa vode				
	I	II	III	IV	VK
1. Boja	bez	bez	slabo primetna	-	primetna
2. Miris	bez	bez	slabo primetna	-	primetna
3. Vidljive otp. materije	bez	bez	bez	bez	sa
4. pH	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	< 6,0 / > 9,0
5. Rastvoreni O ₂ , mg/l	≥ 8	8 - 6	6 - 4	4 - 3	< 3
6. O ₂ saturacija, %	90 - 100	75 - 90	50 - 75	30 - 50	< 30
7. HPK, mg/l	≤ 10	10 - 12	12 - 20	20 - 40	> 40
8. NH ₄ N, mg/l	< 1	< 1	1 - 10	1-10	> 10
9. NO ₂ N, mg/l	< 0,05	< 0,05	0,05 - 0,5	0,05 - 0,5	> 0,5
10. Fenol, µg/l	1	1	300	300	> 300
11. Elektroprovodljivost	-	-	-	-	-

Daljim unapređenjem regulative, donešena je Uredba o klasifikaciji voda međurepubličkih vodotoka, međudržavnih voda i obalnog mora Jugoslavije („Sl. glasnik SFRJ“, br. 6/78) kojom su vodotoci takođe razvrstani u četiri kategorije, s tim što je kvalitativna kategorizacija proširena novim pokazateljima (zasićenje vode kiseonikom, hemijska potrošnje kiseonika (HPK), toksične materije i stepen radioaktivnosti). Međutim, kao i kod prethodne Uredbe, nije dat postupak određivanja sumarne klase kvaliteta na osnovu klase svakog pojedinačnog pokazatelja kvaliteta.

Površinska voda I klase se u prirodnom stanju, uz eventualnu dezinfekciju, može se upotrebljavati za piće i u prehrambenoj industriji i za gajenje plemenitih vrsta riba. Voda II klase se u prirodnom stanju može koristiti za kupanje i rekreaciju građana, za sportove na vodi, za gajenje nekih vrsta riba, a nakon primene konvencionalnih postupaka obrade (koagulacija, filtracija, dezinfekcija i sl.) može se koristiti za piće i u prehrambenoj industriji. Voda III klase se može koristiti za navodnjavanje, a posle

standardnih postupaka obrade i u industriji, osim u prehrambenoj. Voda IV klase se može upotrebljavati samo nakon odgovarajuće obrade dok VK označava vanklasno stanje. Zakonom nije precizno definisan postupak konačne procene ukupne klase kvaliteta vodotoka što ostavlja prostor za mnoge proizvoljne procene.

4.3.1. Parametri ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda

Donošenjem novog Zakona o vodama („Sl. glasnik RS”, br. 30/2010) doneti su i brojni pravilnici koji se detaljnije bave problemima kvaliteta površinskih voda. Takav je i „Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda“ („Sl. glasnik RS“, br. 74/2011) kojim se propisuju parametri ekološkog i hemijskog statusa za reke i jezera na osnovu kojih se može vršiti ocena statusa vodnih tela.

Ekološki status i ekološki potencijal površinskih voda određuju se na osnovu parametara koji su razvrstani u biološke, hemijske i fizičko-hemijske, kao i hidromorfološke koji su od značaja za biološke elemente za datu kategoriju površinske vode i dati tip vodnog tela površinskih voda. Ekološki status reka i jezera klasifikuje se kao odličan (I), dobar (II) i umeren (III). Sve površinske vode koje imaju ekološki status ili ekološki potencijal niži od umerenog klasifikuju se kao slabe (IV) ili loše (V).

Vode koje pokazuju znake većih promena vrednosti bioloških elemenata kvaliteta za dati tip površinskih voda i u kojima relevantne biološke zajednice znatno odstupaju od uobičajenih za taj tip voda u neporemećenim uslovima, klasifikuju se kao slabe, dok se vode koje pokazuju vrlo velike promene vrednosti bioloških elemenata kvaliteta za dati tip površinskih voda i u kojima ne postoje veliki delovi relevantnih bioloških zajednica uobičajenih za taj tip voda, klasifikuju kao loše („Sl. glasnik RS“, br. 74/2011).

Sva vodna tela površinskih voda razvrstana su u šest tipova („Sl. glasnik RS“, br. 74/2011), prema kojima Dunav spada u tip velikih nizijskih reka sa dominacijom finog nanosa, odnosno u Tip 1. Ocena ekološkog statusa i ekološkog potencijala sprovodi se na osnovu vrednosti parametara kojima se određuju granice između klasa ekološkog statusa i granice između klasa ekološkog potencijala (Tabela 4.2).

Ako vrednost parametra ekološkog statusa, odnosno ekološkog potencijala odgovara vrednosti na granici između klasa, vodno telo površinskih voda klasifikuje se u lošiju klasu. Ako jedan ili više parametara ekološkog statusa ili ekološkog potencijala prekoračuju granične vrednosti dobrog statusa, ekološki status ili ekološki potencijal površinskih voda može biti klasifikovan najviše kao umeren.

Tabela 4.2. Granice klasa ekološkog statusa i granice klasa ekološkog potencijala za tipove površinskih voda (REKE TIP I) (izvor: „Sl. glasnik RS“, br. 74/2011)

Parametar	Jedinice	Granice između klasa ekološkog statusa			
		I-II	II-III	III-IV	IV-V
HEMIJSKI I FIZIČKO-HEMIJSKI PARAMETRI OCENE EKOLOŠKOG STATUSA					
pH vrednost		6,5 – 8,5	6,5 - 8,5	6,5-8,5	<6,5 ; >8,5
Rastvoreni kiseonik	mg/l	8,5	7,0	5,0	4,0
BPK-5	mg/l	2,0	5,0	8,0	20,0
Amonijum jon (NH ₄ – N)	mg/l	0,1	0,3	0,8	1,0
Nitrati (NO ₃ -N)	mg/l	1,00	3,00	6,00	15,00
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0,02	0,1	0,2	0,5
Ukupni rastvoreni fosfor (P)	mg/l	0,05	0,2	0,4	1,0
Hloridi	mg/l	50	100		
MIKROBIOLOŠKI PARAMETRI OCENE EKOLOŠKOG STATUSA					
ukupni koliformi	broj / 100ml	500	10.000	100.000	1.000.000

U ispitivanju koje su Živadinović i saradnici (2012) sprovedeli o Dunavu, značajan deo odnosio se na poznavanje regulativa u oblasti kvaliteta vode i eko-hemijskog statusa Dunava. Od ispitanih 24 lokalnih uprava u Srbiji, u regionu Dunava, samo četiri se izjasnilo da redovno dobija izveštaje o sprovedenim merenjima eko-hemijskih parametara, četiri da ne dobija ovakve izveštaje, a čak 16 lokalnih uprava u

podunavskoj regiji Srbije uopšte nije upoznato sa postojanjem ovakvih izveštaja. Zaključak je da dve trećine lokalnih administracija duž Dunava uopšte ne koristi svoje zakonsko pravo da budu informisani o stanju kvaliteta vode reke pored koje žive. Indikativno, više od polovine opštinskih i gradskih uprava zapravo ni ne zna koje su institucije zadužene za monitoring i kontrolu kvaliteta vode reke Dunav.

Izučavanje površinskih voda, kao složenih višekomponentnih sistema, zavisi od primene i usvajanja činjenica, principa i metoda hemije, fizike, geologije, hidrologije, meteorologije, matematike i drugih nauka, kako bi se rešili problemi koji su u osnovi ekološke prirode. Specifičnost i kompleksnost hemijskog sastava površinskih voda i pokazatelja kvaliteta kao posledica u njoj rastvorenih mineralnih i organskih materija, gasova, koloida, suspendovanih čestica i mikroorganizama, dospelih u vodi prirodnim ili veštačkim procesima, naglašavaju značaj primene indeksnih metoda za njihovo ocenjivanje iznalaženjem zajedničkog faktora koji obuhvata kvalitet kao celinu. Zbog toga, da bi se izvršila procena kvaliteta vode i eko-hemijskog statusa Dunava, u poglavlju 5. biće, između ostalog, detaljnije objašnjena indeksna metodologija.

5. METODOLOŠKI PRISTUP

Sistematsko praćenje kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika površinskih i podzemnih voda u cilju utvrđivanja, analize i praćenja režima voda na području Srbije, na osnovu Zakona o vodama („Sl. glasnik RS, br. 30/2010“), a u skladu sa Uredbom o sistematskom ispitivanju kvaliteta voda, sprovodi Republički hidrometeorološki zavod Srbije (RHMZS, 2010). Obim, vrsta i učestalost ispitivanja kvaliteta vodotoka u Republici Srbiji propisani su Programom ispitivanja kvaliteta voda. Prema usvojenoj metodologiji, osnovni fizičko – hemijski pokazatelji ispituju se jednom mesečno.

Dopunski fizičko-hemijski pokazatelji određuju se najmanje četiri puta godišnje, a metali i ostale štetne i opasne materije tri do dvanaest puta godišnje zavisno od privrednog značaja dela vodotoka.

Ukupna radioaktivnost meri se dva do sedam puta tokom godine na svim važnijim profilima. Rezultat uspostavljenog monitoringa kvantiteta i kvaliteta voda ogleda se u značajnom broju podataka koji se slivaju u bazu Hidrološkog informacionog sistema (RHMZS, 2010). Ovakvo kontinualno praćenje režima, uz istovremeno određivanje kvantiteta i kvaliteta voda, obezbeđuje relevantan izvor stručnih informacija za prezentaciju stanja vodnih resursa u realnom vremenu što je osnov za održivo upravljanje vodnim resursima.

Na slici 5.1. prikazana je struktura postupnih koraka u donošenju konačnih odluka za održivo upravljanje vodnim resursima na nivou jedne zemlje. Monitoring odnosno, praćenje kvaliteta vode je polazni korak u upravljanju vodnim resursima.



Slika 5.1. Koraci u donošenju odluka za održivo upravljanje vodnim resursima na nivou Republike Srbije (izvor: *Izveštaj, 2010*)

5.1. Utvrđivanje kvaliteta vode metodom SWQI

Politički donosioci odluka, ne-tehnički menadžeri vodnih resursa, kao i šira javnost najčešće nemaju ni vremena ni potrebno znanje za tumačenje tradicionalnih, tehničkih izveštaja o stanju kvaliteta vode. Zbog toga je razvijen izvestan broj indeksnih metoda koje na jednostavan i razumljiv način sumiraju kvalitet vode (Couillard i Lefebvre, 1985; Cude, 2001; Taner i dr., 2011).

U agenciji za zaštitu životne sredine Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije razvijen je indikator životne sredine za oblast voda namenjen izveštavanju javnosti i stručnjaka o stanju kvaliteta voda – SWQI (*Serbian Water Quality Index*). Indikator se zasniva na metodi WQI (*Water Quality Index*) po kojoj odabrani parametri kvaliteta vode svojim kvalitetom (q_i) reprezentuju osobine površinskih voda svodeći ih na jedan indeksni broj (*Scottish Development Department, 1976*). Deset odabranih parametara SWQI metode, koji odražavaju fizičke, hemijske i biološke osobine kvaliteta vode, su:

- temperatura,

- pH vrednost,
- elektrolitička provodljivost.
- suspendovane materije,
- zasićenost vode kiseonikom,
- amonijum jon,
- ukupni oksidi azota,
- ortofosfati,
- biološka potrošnja kiseonika (BPK-5), i
- koliformne bakterije (*E.coli*).

Udeo svakog od parametara nema isti relativni značaj na ukupni kvalitet vode, zbog čega je svakom od njih dodeljena težina (w_i) i broj bodova prema udelu u ugrožavanju kvaliteta. Kada se proizvodi kvaliteta i težinskog koeficijenta ($q_i \times w_i$) sumiraju, dobija se indeks 100 kao idealan zbir težina svih parametara. Koliko će indeksnih poena u rasponu od 0 do 100 pripasti nekoj vodi, zavisi od osvojenih poena pojedinih parametara.

U slučaju kada nedostaje podatak o kvalitetu za neki parametar, vrednost aritmetički izmerenog WQI koriguje se množenjem indeksa sa vrednošću $1/x$, gde je x zbir aritmetički izmerenih težina dostupnih parametara (SEPA, 2004).

Metoda WQI numerički sumira informacije od više različitih parametara kvaliteta vode u jednu vrednost (*Saskatchewan Watershed Authority Water Quality Guide*, 2007). Utvrđivanje kvaliteta vode korišćenjem jedinstvenog indeksnog broja je daleko jednostavniji pristup od izračunavanja svakog pojedinačnog parametra kvaliteta vode i upoređivanja istog sa referentnim vrednostima (Boyacioglu, 2007, Boyacioglu, 2010). Procena kvaliteta površinskih voda korišćenjem WQI metode je dosta izučavana (Banerjee i Srivastava, 2009; Alobaidy i dr., 2010; Khan i dr., 2003; Lumb i dr., 2006). Primenom opisnog indikatora kvaliteta vode i izračunatom WQI vrednosti opisuje se stanje površinskih voda i realno procenjuje održivost njene primene za vodosnabdevanje (Takić i dr., 2012).

WQI se koristi za utvrđivanje kvaliteta i čistoće vode (Prakirake i dr., 2009). Sadrži listu osnovnih i dodatnih parametara, formulu za sumarni indeks i algoritam za evaluaciju sumarnog i garantovanog indeksa. Ilustrovan je na praktičnim primerima

WQI evaluacije u basenu reke Vistule u Poljskoj (Dojlido i dr., 1994). Na Tajvanu, WQI je razvijen kao indeks kvaliteta vode reka i predstavlja višeplikativnu agregatnu funkciju standardnih vrednosti temperature, pH, toksičnih supstanci, organskih materija (rastvoreni kiseonik, BPK-5, amonijak), čestica (suspendovane materije) i mikroorganizama poput *E.coli* (Liou, 2004).

Nacionalna sanitarna fondacija (NSF) u Sjedinjenim Američkim Državama je, pridržavajući se priručnika za monitoring kvaliteta vode, koristila 142 stručnjaka, koji se bave ispitivanjem kvaliteta vode na lokalnom, državnom ili nacionalnom nivou, u sprovođenju 35 testova kvaliteta vode, kako bi utvrdili koji su to parametri koje indeks kvaliteta vode treba da obuhvati (Oram, 2012). Odabrano je devet uticajnih parametara, među kojima su neki ocenjeni značajnijim od drugih. Kako bi se vrednosti ovih parametara mogle upoređivati, svakom pojedinačnom parametru dodeljena je odgovarajuća težinska vrednost i, da bi se ove vrednosti mogle pretvoriti u indeksni broj, od respondenata je zatraženo da grafikonom predstave nivo kvaliteta vode (na lestvici od 0 do 100) koji odgovara terenskom merenju parametara (na primer, za pH vrednost 2-12). Krive grafikona su zatim osrednjene i, kao takve, smatra se da predstavljaju najadekvatniju stručnu procenu.

Kvalitet vode, zapravo, izražava pogodnost vode da podrži različite mogućnosti upotrebe ili procesuiranja. Svaka pojedinačna, konkretna upotreba ima specifične zahteve koji se tiču fizičkih, hemijskih i bioloških karakteristika vode (Alam i dr., 2007). Metoda SWQI koristi deset odabranih parametara kvaliteta vode koji sumarno daju sveobuhvatnu ocenu kvaliteta posmatrane površinske vode.

5.1.1. Temperatura vode

Temperatura vode je fizički pokazatelj kvaliteta vode koji se meri odmah pri uzimanju uzorka, termometrom sa podeocima od 0,1 stepen. Važna je za život vodenog životinjskog sveta (riba), kao i za izračunavanje koncentracije rastvorenog kiseonika i za određivanje acidobazne ravnoteže između karbonata i rastvorenog ugljen-dioksida.

Živi organizmi u vodi imaju svoj prag tolerancije kada je u pitanju temperatura. Povišene temperature mogu nepovoljno da utiču na vodene organizme jer smanjuju rastvorljivost kiseonika. Temperatura je posebno značajna za ribe hladnijih voda,

salmonidne vrste, kao što je pastrmka, jer na višim temperaturama njihova tela sagorevaju energiju brže i ne iskorišćavaju je dovoljno efikasno. Osim toga, toplije vode predstavljaju povoljno okruženje za razmnožavanje velikog broja mikroorganizama uzročnika bolesti, kao i parazita koji predstavljaju opasnost po živi svet u vodi.

Uliv tople površinske vode iz akumulacija ili bara, industrijskih otpadnih voda, letnjeg oticaja sa krovova i trotora u urbanim oblastima doprinosi povećanju temperature vodnih tela.

5.1.2. pH vrednost

pH vrednost vode oslikava složeni odnos koncentracija neorganskih i organskih jona. Koristi se kao jedan od najvažnijih parametara u ispitivanju kvaliteta kako vode za piće, tako i površinskih voda. Za poređenje se koristi pH skala koja obuhvata vrednosti od 0 do 14, pa je, na osnovu skale, sredina kisela ako joj je pH vrednost manja od 7, bazna ako joj pH vrednost veća od 7 i neutralna ako je pH vrednost jednaka 7. U rekama, pH obično reguliše ravnoteža ugljen-dioksida i karbonata i nalazi se u intervalu od 4,5 do 8,5.

Izuzetno visok ili nizak nivo pH vrednosti u vodi povezan je sa nedostatkom hranljivih materija, toksičnošću metala i drugim problemima vezanim za život u vodi. Visoka vredost pH čini amonijak toksičnijim, dok niska vrednost povećava rastvorljivost većine teških metala kao što su bakar i cink.

5.1.3. Elektrolitička provodljivost

Elektrolitička provodljivost vode označava stepen mineralizacije vode. Određuje se odmah po uzorkovanju, konduktometrijski. Metoda za njeno određivanje je vrlo brza, jednostavna i praktična. Svako odstupanje od uobičajenih vrednosti izaziva sumnju na zagađenje. Obično se serijom ispitivanja mora utvrditi standardna, tipična provodljivost za datu vodu kada pokazuje svoje najbolje kvalitete i punu higijensku ispravnost. Taj standard onda služi kao orijentir za ispravnost posmatrane vode.

5.1.4. Suspendovane materije

Suspendovane materije čine ilovača, mulj, čestice prašine, organski detritus sa površine zemlje, bakterije, fito i zooplanktoni. To su čvrste čestice veličine iznad 140 μm dispergovane u vodi. Sadrže oko 70 % organskih i 30 % neorganskih materija. Njihov sadržaj u vodi prvenstveno zavisi od proseka sunčanih dana u godini. Suspendovane čestice dospevaju u vodu ispiranjem sa zamljišta ili erozivnim dejstvom vode u vodotocima. Štetno dejstvo suspendovanih materija zavisi prvenstveno od njihovog hemijskog sastava, ali se na život u vodi ispoljava i na sledeći način:

- smanjuje efektivnu vodenu površinu (smanjuje se fotosinteza i remeti samoprečišćavajuća moć);
- talože se u mirnim vodama, pokrivaju organizme na dnu (bentos), koji inače služe kao hrana drugim organizmima u vodi;
- zamućuje se voda i kvari njen estetski izgled i
- lepe se na škragama riba.

Ukupne suspendovane čestice se određuju najkasnije za 24 časa, ceđenjem odgovarajuće količine vode kroz membranski filter 0,45 μm , u vakumu, a zatim sušenjem do konstantne mase na 105 °C.

5.1.5. Zasićenost vode kiseonikom

Stepen zasićenosti vode kiseonikom je jedan od osnovnih parametara za ocenu kvaliteta vode i predstavlja rezultat veoma komplikovanog odnosa njegovog trošenja i obnavljanja. Kiseonik je neophodan za opstanak većine organizama koji naseljavaju vodena prostranstva. Kao jak oksidans, kiseonik igra važnu sanitarno-higijensku ulogu jer omogućava brzu mineralizaciju organskih ostataka. Rastvoreni kiseonik se troši u procesima biohemijske razgradnje organske materije i oksidacije azotnih jedinjenja.

Stepen zasićenosti vode kiseonikom direktno zavisi od temperaturnog režima, kao i od intenziteta procesa fotosinteze u vodi. Vertikalni profili rastvorenog kiseonika su mnogo teži za objašnjenje, pošto su pored fizičkih, proizvod i bioloških procesa. U

odsustvu bioloških ili nekih drugih efekata, prihvata se da rastvoreni kiseonik inverzno korelira sa temperaturom.

Tokom zime ne postoji vertikalna promena u temperaturi vode, koja se tada naziva izotermalna, i u mnogim slučajevima vodena masa je na temperaturi blizu temperature maksimalne gustine vode, 4 °C. Izotermalna temperatura vode u zimskom periodu vodi do povećanja i vertikalne homogenizacije sadržaja rastvorenog kiseonika. U martu mesecu stepen zasićenosti kiseonikom je, može se reći, identičan od površine do dna, i to je period zimske cirkulacije.

Početakom proleća, sa povećanjem sunčeve energije zagreva se površina, pa se uočava dvoslojna struktura. Gornji i donji sloj zovu se epilimnion i hipolimnion, a zona između, sa naglom promenom temperature, označava se kao termoklina. Od aprila započinje letnja stagnacija, što odgovara termičkoj stratifikaciji pa se zasićenost kiseonikom blago i postepeno menja. U proleće i leto, biljni svet u epilimnionu, od kojih je fitoplankton najvažniji, usvaja CO₂ iz vode i otpušta kiseonik kao proizvod fotosintetičke aktivnosti. Zbog toga, gornji slojevi postaju bogatiji kiseonikom, koji se koristi u procesima aerobnog metabolizma i respiracije. Fitoplankton ima veoma kratak životni ciklus koji iznosi tri nedelje. Nakon izumiranja on se taloži na dno i razlaže. Tada teče reakcija suprotna fotosintetičkoj reakciji, a rastvoreni kiseonik se troši za razlaganje organske materije do CO₂.

Sa povećanim površinskim zagrevanjem i povišenjem temperature (u letnjem periodu) odvijaju se fotosintetički procesi. Kiseonik se tada intenzivno produkuje na površini, pa zasićenost može da iznosi preko 100%. U uslovima kada kiseonik gotovo iščezne, pri dekompoziciji organske materije, nastupaju sledeće reakcije: nitrati se mogu konvertovati do N₂, Fe³⁺ do Fe²⁺, sulfati do H₂S-a. Neke od ovih reakcija imaju veoma važne posledice na hemizam vode.

Tokom kasnog perioda jesen-zima, voda se kontinualno hladi i vertikalno meša dok se ne uspostavi zimski profil. U kasnu jesen i zimu život biljaka se ograničava usled smanjenja raspoložive sunčeve energije za procese fotosinteze i nižih temperatura koje inhibiraju bakterijsku aktivnost. Obnavljanje koncentracije kiseonika, odnosno zasićenosti kiseonikom vrši se tokom cirkulacije, u zimskom periodu.

U uslovima niske koncentracije rastvorenog kiseonika, vodeni ekosistemi postaju neuravnoteženi i mogu se javiti pomor riba, neprijatni mirisi i druge estetske

neugodnosti. Različite zagađujuće materije utiču na smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika koristeći ga pri oksidativnim procesima. Sa upuštanjem zagađenja dolazi do naglog opadanja koncentracije kiseonika u vodoprijemniku, nakon čega se aktiviraju mehanizmi samoprečišćavanja koji dovode do povećanja koncentracije do odgovarajućeg nivoa.

Koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi predstavlja direktni pokazatelj sposobnosti vode da obezbedi uslove za život vodenih organizama koji ne vrše fotosintezu. Izražava se u jedinici *mg/l*, ili u procentima zasićenja vode kiseonikom. Maksimalna koncentracija zasićenja gasovitog kiseonika koji se može rastvoriti u vodi smanjuje se sa porastom temperature. Značajna je i činjenica da voda može primiti znatno više rastvorenog kiseonika kada je izvor gasova sastavljen od čistog kiseonika (na primer, kada je izvor kiseonika fotosinteza), nego što je to slučaj kada je izvor kiseonika vazduh koji sadrži samo 21% kiseonika.

Određivanje rastvorenog kiseonika se vrši titrimetrijski po Winkleru ili pomoću kiseoničnih elektroda. Određivanje po Winkleru se zasniva na metodi po kojoj se rastvoreni kiseonik veže u poznatoj zapremini vode dodatkom mangan-sulfata i alkalnog jodidnog rastvora koji sadrži natrijum azid u obliku hidratisanih oksida mangana. Rastvor se zatim zakiseli i oslobođeni jod se titriše standardnim rastvorom tiosulfata.

5.1.6. Amonijum jon

Amonijum jon nastaje razgradnjom azotnih organskih supstanci pomoću enzima amonifikacionih bakterija u određenim ekološkim uslovima. U vodenoj sredini amonijum postoji u vidu jona NH_4^+ ili u vidu gasa amonijaka NH_3 . Oba oblika predstavljaju forme azota koje vodene biljke mogu da apsorbuju.

U koncentracijama u kojima se sreće u vodi za piće nije opasan po zdravlje, ali je poznato da je amonijak indikator zagađenja sirove vode i utiče negativno na miris i ukus vode. Pojava porasta koncentracije amonijaka u vodi povezana je sa povećanjem temperature i padom koncentracije kiseonika u vodi. Određivanje amonijaka je najbolje izvršiti odmah posle uzorkovanja. U slučaju da je neophodno konzerviranje amonijaka,

onda se ono vrši dodatkom 1 cm³ koncentrovane sumporne kiseline (H₂SO₄) i uzorak se čuva na 4 °C, a analiza se mora izvršiti u roku od 24 sata.

Određivanje sadržaja amonijaka se vrši spektrofotometrijski sa Neslerovim reagensom (bez destilacije uzorka ako se analiziraju pijaće i površinske vode ili posle destilacije ako se analiziraju otpadne vode). Prethodnim tretiranjem uzorka sa cink-sulfatom i sa natrijum hidroksidom (NaOH) do pH oko 10,5 pre razvijanja sa Neslerovim reagensom uklanjaju se gvožđe i sulfidi koji smetaju i stvaraju замуćenje pri dodatku Neslerovog reagensa. Pahuljičasti talog cink-hidroksida otklanja i suspendovane, a u nekim slučajevima i obojene materije koje takođe smetaju određivanju. Prethodnim tretiranjem uzorka sa kalijumnatrijum-tartaratom sprečava se taloženje kalcijuma i magnezijuma u prisustvu alkalnog Neslerovog reagensa. Rezidualni hlor se uklanja dodatkom 0,1 % rastvora natrijum-arsenita da bi se sprečilo njegovo reagovanje sa amonijakom.

5.1.7. Ukupni oksidi azota

Azot se u vodenim ekosistemima javlja kao rastvoreni gas azot (N₂), amonijum jon (NH₄⁺) i amonijak (NH₃), nitriti (NO₂⁻), nitrati (NO₃⁻) i organski azot kao građivni element proteina, u rastvorenoj ili čestičnoj fazi. Najvažnije forme azota u smislu njegovog trenutnog uticaja na kvalitet vode su amonijum jon, nitriti i nitrati.

Ukupni oksidi azota, prema originalnom algoritmu za izračunavanje sumarne SWQI vrednosti kvaliteta vode, izračunavaju se kao zbir nitrita i nitrata (*Scottish Development Department, 1976.*)

5.1.7.1. Nitriti

Nitriti predstavljaju kariku u ekološkom prometu azota kao međuprodukti mineralizacije na jednoj strani i denitrifikacije na drugoj. Zajedno sa nitratima, u većim koncentracijama od propisane vrednosti, mogu da izazovu značajne zdravstvene probleme. Tako su poznati kao uzročnik methemoglobinemije, najopasnije za bebe do šest meseci, koja se manifestuje ozbiljnim poremećajima u disanju (sindrom „plava beba“). Povećane koncentracije nitrita siguran su indikator intenzivne mineralizacije i

hipoksije. Nitriti se određuju spektrofotometrijski sa alfa-naftilaminom i sulfanilnom kiselinom ili sa indolom.

5.1.7.2. Nitrati

Pored toga što, kao i nitriti, mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme, postoje indicije da su nitrati prekursori nitrozamina, koji mogu biti kancerogeni. Dinamika trošenja i ponovnog obrazovanja zavisi od obima i dinamike fitoplanktonskih populacija i intenziteta organske produkcije. Sadržaj nitrata se određuje spektrofotometrijski sa natrijum-salicilatom ili sa brucinom. Sa natrijum-salicilatom u koncentrovanoj sumpornoj kiselini nitrati grade soli nitrosalicilne kiseline. Te soli u alkalnoj sredini daju žutu boju čiji se intenzitet meri na 420 nm. Sa brucinom nitrati daju žutu boju čiji se intenzitet meri spektrofotometrijski. Ako je sadržaj nitrata mali (nezagađene prirodne vode i pijaće vode) oni se mogu određivati i na osnovu kalibracione prave napravljene sa standardnim rastvorima nitrata. Apsorbanca na 220 nm pokazuje linearnu zavisnost do koncentracije nitrata od 11 mg/l.

5.1.8. Ortofosfati

Ograničavajući faktor za kontrolu prekomernog razvoja algi i ubrzane eutrofikacije je fosfor, zahvaljujući činjenici da neke plavo-zelene alge imaju sposobnost fiksacije atmosferskog azota. Obično se smatra da voda sa sadržajem fosfata preko 0,01 mg/l poseduje stimulatívne osobine za razvoj algi koje doprinose obogaćivanju vode organskim materijama povećavajući halokarbonski potencijal. Znatno manja koncentracija fosfata u odnosu na nitrate ukazuje da je ovaj element odgovoran za procese produkcije i eutrofikacije površinske vode. Dublji slojevi vode primaju fosfor u dva oblika: 1) kao neorganski fosfor (apsorbovan na glini) i 2) kao biogeni fosfor (usled raspadanja biljaka i životinja). Nađeno je da kada se uvede 1 mg fosfora u periodu stagnacije dolazi do sinteze 100 mg alge (suva masa), koje mineralizacijom troše 140 mg kiseonika.

Fosfati se određuju spektrofotometrijski sa amonijum-molibdatom i askorbinskom kiselinom. Reakcija je specifična samo za ortofosfate. Da bi se odredili i

hidrolizujući fosfati vrši se kuvanje probe sa kiselinom pri čemu se metafosfati, pirofosfati i tripolifosfati prevode u ortofosfate. Ukupni fosfati se određuju kuvanjem probe sa kiselinom i persulfatom. Tada se i organski fosfati prevode u ortofosfate. Sadržaj organskog fosfata se može dobiti iz razlike ukupnog fosfata i hidrolizujućih fosfata.

5.1.9. Biohemijska potrošnja kiseonika (BPK-5)

Stepen zagađenosti vode organskim jedinjenjima definisan je količinom kiseonika potrebnog za oksidaciju prisutnih biološki razgradivih sastojaka vode koju vrše aerobni mikroorganizmi (Van Loon i Duffy, 2010). Ta količina kiseonika naziva se biohemijska potrošnja kiseonika (BPK). Potrebna količina proporcionalna je prisutnoj količini organskih materija. Temperatura i vreme razgradnje utiču na veličinu BPK, tj. sa povećanjem temperature raste i brzina potrošnje kiseonika (biohemijska oksidacija). Smatra se da je potrebno pet dana kako bi se razgradio veći deo (70-80%) prisutnih organskih materija, i to u tami, na stalnoj temperaturi vode od 20 °C, zbog čega se i naziva BPK-5.

5.1.10. Najverovatniji broj koliformnih bakterija

Koliformne bakterije predstavljaju grupu bakterija koje su široko rasprostranjene u životnoj sredini, kao i u crevima toplokrvnih životinja. Ipak, ove bakterije se ne bi smele naći u vodi za piće, tako da se postupcima dezinfekcije efikasno uklanjaju iz vode. Većina koliformnih bakterija sama po sebi nije opasna, ali njihovo prisustvo u vodi može ukazati na problem sa postupkom dezinfekcije ili sa strukturalnim integritetom sistema za vodosnabdevanje.

Escherichia Coli (E. coli) predstavlja bakteriju iz grupe koliformnih bakterija. Prisustvo ove bakterije u vodi ukazuje na zagađenje vode fekalnim materijama, odnosno indikator su sanitarne kontaminacije vode.

5.2. Klasifikacija kvaliteta površinskih voda prema SWQI metodi

Sistem klasifikacije kvaliteta površinskih voda prema SWQI metodi predstavlja metodu evaluacije kvaliteta za konkretnu grupu odabranih parametara, na osnovu koje se dobija sveobuhvatna ocena kvaliteta površinskih voda.

Indikatori kvaliteta površinskih voda razvrstani su uz kompatibilnost postojeće klasifikacije prema njihovoj nameni i stepenu čistoće u sledeće kategorije kvaliteta vode:

- Odličan - vode koje se u prirodnom stanju uz filtraciju i dezinfekciju, mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom i u prehrambenoj industriji, a površinske vode i za gajenje plemenitih vrsta riba;
- Veoma dobar i Dobar - vode koje se u prirodnom stanju mogu upotrebljavati za kupanje i rekreaciju građana, za sportove na vodi, za gajenje drugih vrsta riba ili koje se uz savremene metode prečišćavanja mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom za piće i u prehrambenoj industriji;
- Loš - vode koje se mogu upotrebljavati za navodnjavanje, a posle savremenih metoda prečišćavanja i u industriji, osim prehrambenoj;
- Veoma loš - vode koje svojim kvalitetom nepovoljno deluju na životnu sredinu, i mogu se upotrebljavati samo posle primene posebnih metoda prečišćavanja.

Tabela 5.1. Komparacija klasifikacije površinskih voda metodama WQI i SWQI (*izvor: Izveštaj, 2010*)

WQI (I klasa)		WQI (II klasa)		WQI (III klasa)		WQI (IV klasa)	
85 – 84		74 – 69		56 – 44		51 – 35	
Serbian Water Quality Index (SWQI)							
100 – 90	89 – 84	83 -72	71 – 39	38-0			
Odličan	Veoma dobar	Dobar	Loš	Veoma loš			

Indikatori kvaliteta površinskih voda metodom SWQI dobijeni su komparacijom pokazatelja kvaliteta prema postojećoj klasifikaciji i originalnoj metodi WQI. Usvojeni klasifikacioni kriterijum opisnog indikatora kvaliteta i određivanje klase površinske vode na osnovu izračunate vrednosti SWQI indeksnog broja prikazani su u tabeli 5.1.

Indikatori kvaliteta površinskih voda SWQI metodom predstavljeni su bojama na kartama vodotoka označavajući odgovarajuće kontrolne profile na način prikazan tabelom 5.2.

Tabela 5.2. Indikatori kvaliteta površinskih voda metodom SWQI predstavljeni bojama (izvor: Izveštaj, 2010)

<i>Serbian Water Quality Index (SWQI)</i>		
Opseg vrednosti indeksa	Opisni indikator	Boja
100 – 90	Odličan	● (tamno plava)
84 – 89	Veoma dobar	● (svetlo plava)
72 – 83	Dobar	● (zeleni)
39 – 71	Loš	● (žuta)
0 – 38	Veoma loš	● (crveni)
	Nema podataka	○ (bela)

5.3. Prednosti i nedostaci upotrebe indeksnih metoda

Indeks kvaliteta vode je prevashodno razvijen kao pomoćni alat za sumiranje podataka monitoringa voda i izveštavanje šire javnosti, zbog čega je dosta uopšten (Brown i dr., 1970). Postoje najmanje dva razloga zbog kojih indeksne metode ne pružaju preciznije informacije o stvarnom stanju kvaliteta vodotoka. Najpre, većina indeksa bazira se na prethodno određenom setu parametara kvaliteta vode što na primer, na nekoj mernoj stanici može pokazati dobar WQI rezultat, ali neće uzeti u obzir druge parametre kvaliteta vode koji ga možda ugrožavaju, a ne spadaju u set parametara indeksne metode. Drugo, agregacija podataka može ili da zamaskira, ili da prenglasi kratkoročne probleme kvaliteta vode. Zadovoljavajući WQI rezultat na određenoj

mernoj stanici ne mora nužno da znači da je kvalitet vode stalno na zadovoljavajućem nivou. Dobar WQI rezultat, međutim, ukazuje da kvalitet vode, za posmatrane parametre indeksa kvaliteta vode, nije „hronično“ loš u periodu u kome se kvalitet vode posmatra.

Za potrebe upravljanja, nije neophodno postojanje indeksa kvaliteta vode koji rangira merna mesta prema relativnom kvalitetu vode, već je značajnije postojanje indeksa koji će ukazati na to da li je kvalitet vode određenog vodnog tela lošiji od očekivanog, odnosno zahtevanog za sprovođenje planiranih mera za to vodno telo (Walsh i Wheeler, 2012).

Indeksi su projektovani tako da sadrže manju količinu informacija od sirovih podataka koji se sumiraju odnosno, mnogobrojni korisni podaci o kvalitetu voda ne mogu se videti iz indeksa. Indeks je najkorisniji za komparativne svrhe na primer, za dobijanje odgovora na pitanja koje stanice imaju posebno loš kvalitet vode, ili za uopšteno informisanje o stanju kvaliteta vode u pojedinim slivovima. Sa druge strane, manje su pogodni za specifična, usko specijalizirana pitanja, kada bi, radije, trebalo analizirati pojedinačne parametre kvaliteta vode.

Ukratko, indeks kvaliteta vode predstavlja koristan alat za informisanje šire javnosti o stanju kvaliteta voda i za donosiocce upravljačkih odluka, ali svakako ne predstavlja kompleksan model prognoze za tehničke i naučne primene (McClelland, 1974; Swamee i Tyagi, 2000; Parparov i dr., 2006).

5.4. Metode višekriterijumskog odlučivanja

Tradicionalne metode optimizacije pri odlučivanju koriste samo jedan definisani kriterijum, čime se umnogome umanjuje realnost problema koji se mogu rešavati. U realnim situacijama, odlučivanje se najčešće vrši na osnovu većeg broja kriterijuma, koji su vrlo često i konfliktni, pa zahtevaju višekriterijumsko odlučivanje kao opciju (Raju i dr., 2000).

Primena višekriterijumskog odlučivanja u rešavanju određenih problema podrazumeva postojanje posebnih karakteristika razmatranih problema (Hwang i Yoon, 1981), kao što su:

- veći broj kriterijuma koje kreira donosilac odluke;
- konfliktnost kriterijuma;
- neuporedive i/ili nesamerljive jedinice mere svakog pojedinačnog kriterijuma;
- projektovanje ili izbor – rešenja višekriterijskog problema predstavljaju ili projektovanje najbolje alternative (akcije) ili izbor najbolje alternative iz skupa prethodno definisanih.

Upravo se na osnovu poslednje karakteristike problemi višekriterijskog odlučivanja (VKO) mogu svrstati u grupu višeatributivnog odlučivanja (Zanakis i dr., 1998), odnosno sve ustaljenijeg naziva višekriterijske analize (VKA), i u grupu problema višeciljnog odlučivanja (VCO). Razlike osobina dve navedene grupe predstavljene su tabelarno (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Osobine višekriterijske analize nasuprot višeciljnog odlučivanja

	VKA	VCO
Kriterijum (definisan)	Atributima	Ciljevima
Cilj	Implicitan (loše definisan)	Eksplicitan
Atribut	Ekplicitan	Implicitan
Ograničenja	Neaktivna (uključena u attribute)	Aktivna
Alternative	Konačan broj, diskretne	Beskonačan broj, kontinualne
Interakcija sa donosiocem odluke	Nije izrazita	Izrazita
Primena	Izbor / evaluacija	Projektovanje

5.4.1. Višekriterijumska analiza (VKA)

Uvođenje novog pojma u oblasti višekriterijumske analize (VKA) – atributa, rezultat je potrebe da se obezbedi sredstvo evaluacije nivoa jednog kriterijuma ili cilja. Po pravilu, veći broj atributa treba da karakteriše svaku alternativu i oni se biraju na osnovu kriterijuma utvrđenih od strane donosioca odluke. Česti sinonimi za attribute su: parametri performanse, komponente, faktori, karakteristike, osobine i slično.

Tipičan način prikazivanja problema VKA je matična forma. Matrica odlučivanja \mathbf{O} je matrica $(m \times n)$ čiji elementi x_{ij} označavaju vrednost i -te alternative a_i $i=1,2,\dots,m$, u odnosu na j -ti atribut. $A_j, j=1,2,\dots,n$:

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

U problemima VKA alternative se opisuju sa dve vrste kriterijuma: kvantitativnim i kvalitativnim (ili fuzzy). Zbog toga se pojavljuju problemi dvojake prirode, i to: kako uporediti ove dve vrste kriterijuma i kako tretirati različite (nehomogene) jedinice mere.

Postoje, uglavnom, tri vrste skala merenja koje se mogu koristiti pri merenju različitih kvantiteta (Hwang i Yoon, 1981):

- redna (ordinalna) skala – postavlja merene alternative u redosled (rangove), pri čemu se ne vodi računa o relativnim rastojanjima između rangova;
- interval skala – obezbeđuje jednake intervale između alternativa i označava razlike ili rastojanja akcija od nekog unapred definisanog repera (originala), i
- skala odnosa – obezbeđuje jednake intervale između alternativa i označava razlike ili rastojanja od nekog originala koji nije unapred definisan.

Većina VKA metoda koristi prve dve skale, zbog neophodne transformacije kvalitativnih kriterijuma.

5.4.1.1. Transformacija kvalitativnih atributa

Prilikom transformacije kvalitativnih karakteristika u interval skale, često se koriste „bipolarne skale“ gde se odabere na primer, skala od 10 tačaka, pa se onda 0 dodeli najnižem nivou, a 10 najvišem nivou koji se može fizički realizovati. Sredina intervala po pravilu predstavlja granicu između poželjnog i nepoželjnog i takođe je treba odrediti. Iako na prvi pogled deluje kao dosta proizvoljan, ovakav način transformacije atributa pokazao se kao izuzetno pogodan u mnogim praktičnim situacijama realnog odlučivanja.

Drugi način transformacije je normalizacija atributa, koja može biti dvojaka:

- Vektorska normalizacija: svaki vektor-vrsta odlučivanja se podeli sa svojom normom, pri čemu se normalizovana vrednost n_{ij} normalizovane matrice odlučivanja N dobija iz izraza:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^m x_{ij}^2\right)^{1/2}}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5.1)$$

Prednost ovog načina transformacije leži u činjenici da se svi kriterijumi mogu izraziti merama koje imaju svoju jedinicu.

- Linearna skala: izlaz (rezultat) nekog kriterijuma se podeli njegovom maksimalnom vrednošću x_j^* . Transformisani izlaz se računa na osnovu izraza:

$$I_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5.2)$$

Očigledno je da se vrednosti I_{ij} kreću u intervalu od 0 do 1, a da je povoljniji rezultat onaj koji je bliži jedinici. Ovaj način transformacije ima i svoje usavršene modifikacije, koje ovom prilikom nećemo razmatrati.

U slučajevima kada problemi VKA zahtevaju informacije o relativnom značaju pojedinih kriterijuma, najčešće korišćeni način definisanja tih značaja je dodeljivanje odgovarajućeg skupa težina. Za n kriterijuma skup težina je:

$$t^T = (t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_n) \quad (5.3)$$

$$\text{gde je: } \sum_{j=1}^n t_j = 1$$

Postoji veći broj metoda procenjivanja relativnog značaja pojedinih kriterijuma (atributa) od strane donosioca odluka kao što su metod sopstvenih vektora, metod težinskih najmanjih kvadrata, metod entropije, i tako dalje.

5.4.2. Metode višekriterijumske analize

Širok opseg oblasti primene modela VKA uslovio je brz i kontinualan razvoj metoda iz ove oblasti. Zbog toga se već danas raspoložuje jednim moćnim skupom metoda, koje su u stanju da većinu realnih problema VKA uspešno rešavaju. Najbolji pregled metoda razvijenih do 1981. godine dali su autori Hwang i Yoon svojom taksonomijom metoda VKA (Hwang i Yoon, 1981).

5.4.2.1. Metoda ELECTRE

Osnovni rezultat primene metode ELECTRE (*ELimination and Choice Expressing the REality*) je definisanje kriterijuma za „mehaničko“ dodeljivanje takozvanih „veza višeg reda“. Potrebu i nužnost uvođenja ovakvih veza, kao posebnu grupu metoda višekriterijumske analize u teoriji višekriterijumskog odlučivanja, opravdava činjenica da se u realnim situacijama odlučivanja često javlja problem nemogućnosti određivanja striktno dominacije jedne alternative nad drugom (Čupić i Suknović, 2008).

Metoda ELECTRE upoređuje alternative u parovima. Najpre se ispituje stepen saglasnosti između težina preferencija i uparenih pojedinih alternativa, a potom se

utvrđuje stepen nesaglasnosti po kome se ocena težina pojedinih alternativa međusobno razlikuje. Upravo zbog toga se i metoda ELECTRE često naziva analizom saglasnosti.

Postupak primene metode je iterativan i vrši se kroz odgovarajući broj koraka. U prvom koraku vrši se izračunavanje normalizovane matrice odlučivanja pomoću napred navedenog izraza (5.1) vektorske normalizacije.

U sledećem koraku donosilac odluke mora da iskaže svoje preferencije prema kriterijumima. Zatim se računa tzv. težinska normalizovana matrica odlučivanja $TN=NT$, gde je T dijagonalna matrica dodeljenih težina pojedinim kriterijumima. Tada je:

$$TN = \begin{bmatrix} t_1 n_{11} & t_2 n_{12} & \dots & t_n n_{1n} \\ t_1 n_{21} & t_2 n_{22} & \dots & t_n n_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_1 n_{m1} & t_2 n_{m2} & \dots & t_n n_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & t_{1j} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & \dots & t_{2j} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{m1} & \dots & t_{mj} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix}$$

U trećem koraku određuju se skupovi saglasnosti i nesaglasnosti upoređivanjem pojedinih parova alternativa p i r ($p, r=1, 2, \dots, m, p \neq r$). Najpre se formira tzv. skup saglasnosti S_{pr} za akcije a_p i a_r koji se sastoji od svih kriterijuma ($J=\{j | j=1, 2, \dots, n\}$) za koje je a_p poželjnije od a_r odnosno, $S_{pr} = \{j | x_{pj} \geq x_{rj}\}$. Nakon toga se formira komplementarni skup nesaglasnosti, za koje važi $NS_{pr} = \{j | x_{pj} < x_{rj}\} = J - S_{pr}$ (detaljnije u Čupić i dr., 2001).

Kada su skupovi saglasnosti i nesaglasnosti utvrđeni, formira se matrica saglasnosti čije elemente čine indeksi saglasnosti. Njihova vrednost se računa kao suma preferencija (težina) koje odgovaraju pripadajućim elementima skupova saglasnosti. Na sličan način se u narednom koraku utvrđuje matrica nesaglasnosti kada se ispituje stepen nesaglasnosti u kome je evaluacija alternative a_p manje poželjna od evaluacije alternative a_r . Vrednost indeksa nesaglasnosti (ns_{pr}) se kreće između nule i jedan. Za nesaglasnosti, veća vrednost za ns_{pr} ukazuje da je a_p manje poželjna akcija od a_r . Posle toga je moguće formirati matricu nesaglasnosti.

Zatim se izračunavaju prosečne vrednosti indeksa saglasnosti i, na osnovu njih, matrica saglasne dominacije bazirana na sledećim uslovima:

$$msd_{pr} = 1 \quad \text{za} \quad S_{pr} \geq PIS \quad \text{i}$$

$$msd_{pr} = 0 \quad \text{za} \quad S_{pr} < PIS$$

Na analogan način se utvrđuje i matrica nesaglasne dominacije. Proizvod matrica saglasne i nesaglasne dominacije se naziva matricom agregatne dominacije.

Ukoliko je vrednost za mad_{pr} (iz matrice agregatne dominacije) jednaka jedinici, tada alternativa a_p dominira nad alternativom a_r po oba kriterijuma, tj. saglasnosti i nesaglasnosti. Međutim to još uvek ne znači da ne dominira nad a_p . Zbog toga uslov da a_p nije pod dominacijom (neke druge alternative) po metodi ELECTRE glasi:

$$mad_{pr} = 1 \quad \text{za bar jedno } r \quad r = 1, 2, \dots, m \quad \text{i} \quad p \neq r \quad (5.4)$$

$$mad_{pr} = 0 \quad \text{za svako } i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{i} \quad i \neq r \quad (5.5)$$

U praktičnom postupku eliminisanja manje poželjnih alternativa potrebno je ispitati stanje dominacije za sve moguće kombinacije parova alternativa. Alternativa sa većim brojem elemenata koji ispunjavaju uslov (5.4), dominira nad ostalim, a u situaciji kada je broj takvih elemenata isti, nije moguće ustanoviti stanje dominacije. Isti zaključak o nepostojanju dominacije između pojedinih alternativa se izvodi i u slučaju kada svi elementi zadovoljavaju uslov (5.5). Kako su situacije nemogućnosti definisanja stanja dominacije primenom metode ELECTRE česte, sama metoda zbog toga i spada u grupu takozvanih metoda za određivanje redosleda parcijalnih preferencija.

U teoriji višekriterijumske analize, metoda ELECTRE zauzima jedno od značajnih mesta jer je među prvima u probleme kvalitativnog odlučivanja uvela mogućnost kvantifikacije, što predstavlja njen najznačajniji doprinos. Nedostaci koje nije mogla izbeći (nesavršenost instrumenata kao što su prosečni indeksi saglasnosti i nesaglasnosti, nemogućnost određivanja redosleda potpunih preferencija i slično) su u kasnijim verzijama razvoja metoda (ELECTRE II, ELECTRE III i ELECTRE IV) značajno smanjeni.

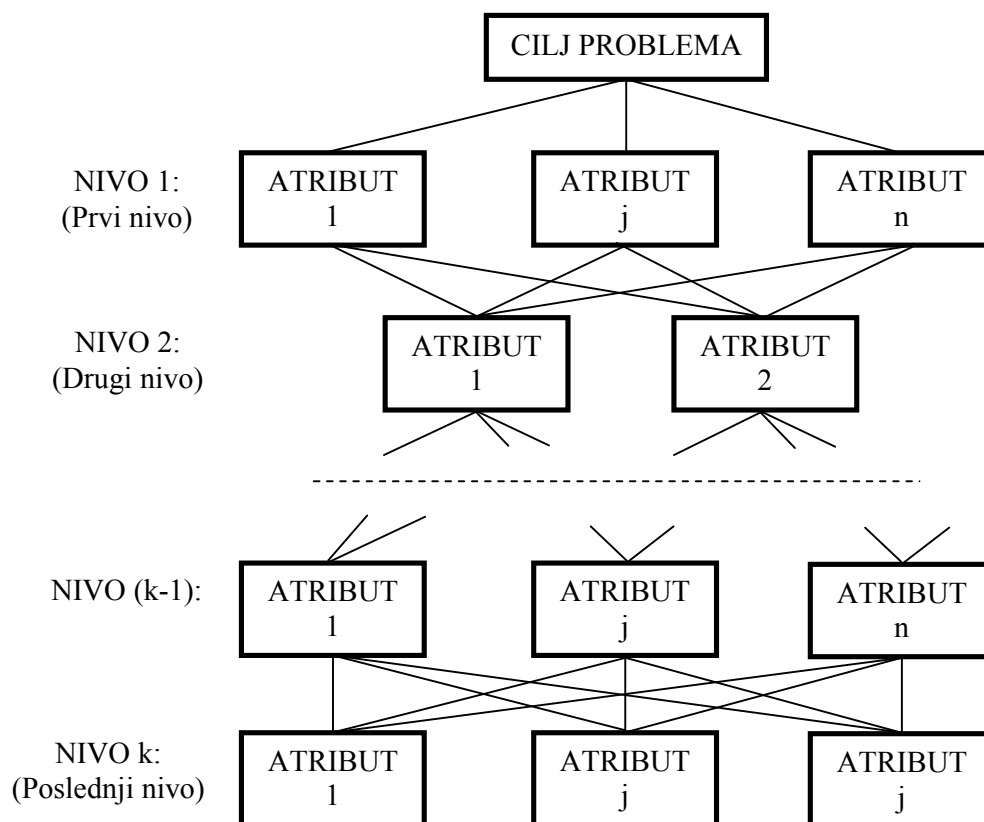
5.4.2.2. Metoda Analitičkih Hijerarhijskih Procesa (AHP)

Tomas Saaty (1980) je početkom sedamdesetih godina razvio metodu analitičkih hijerarhijskih procesa (AHP) kao još jedan alat u analizi odlučivanja, kreiran u cilju pružanja pomoći donosiocima odluka pri rešavanju složenih problema odlučivanja.

Analitički hijerarhijski proces se zasniva na konceptu balansa koji se koristi za određivanje sveukupne relativne značajnosti skupa atributa, alternativa ili kriterijuma, a odnosi se na analizirani problem odlučivanja. Složeni problemi odlučivanja, koji uključuju više osoba (donosilaca odluka), više kriterijuma i više perioda, strukturiraju se u veći broj hijerarhijskih nivoa, dodeljivanjem težina u obliku serije matrica poređenja parova, a potom i korišćenjem sistema za podršku odlučivanju *Expert Choice* radi određivanja normalizovanih težina. Težine se koriste za evaluaciju atributa na najnižem nivou celokupne hijerarhije. Proces modeliranja zaheva četiri faze:

- strukturiranje problema,
- prikupljanje podataka,
- ocenjivanje relativnih težina,
- određivanje rešenja problema.

Faza strukturiranja se sastoji od dekomponovanja kompleksnog problema odlučivanja u seriju hijerarhija, gde svaki nivo predstavlja manji broj upravljivih atributa. Oni se zatim dekomponuju u drugi skup elemenata koji odgovara sledećem nivou i tako redom, što je prikazano slikom 5.2. Hijerarhijsko strukturiranje bilo kog problema odlučivanja na ovaj način je efikasan put suočavanja sa kompleksnošću realnih problema i identifikovanja značajnih atributa u cilju dostizanja sveukupnog cilja problema. Samim tim, metoda AHP poseduje i pruža izuzetnu fleksibilnost pri pomoći kod upravljačkih procesa odlučivanja (Saaty, 2005) i omogućava da se i relacije zavisnosti-nezavisnosti između atributa dekomponuju u različite hijerarhijske nivoe.



Slika 5.2. Nivoi metode AHP

Naredna faza metode AHP započinje prikupljanjem podataka i njihovim merenjem. Onaj ko ocenjuje (vrši evaluaciju) će potom dodeliti relativne težine za svaki par atributa jednog hijerarhijskog nivoa, za date attribute sledećeg, višeg hijerarhijskog nivoa i tako redom za sve nivoe celokupne hijerarhije (Saaty, 2008).

Težine ukazuju na to koliko je jedan par atributa značajniji od drugog. Ako postoje objektivni podaci, onda se oni mogu koristiti pri dodeljivanju težina. U suprotnom, mogu se koristiti sopstvena verovanja, procene ili informacije. Po završetku ovog procesa dobija se odgovarajuća matrica upoređivanja po parovima, koja odgovara svakom nivou hijerarhije.

Treća faza metode AHP je procena relativnih težina radi dobijanja normalizovanih i jedinstvenih sopstvenih vektora težina za sve atibute, na svakom nivou hijerarhije. Pretpostavimo da dati nivo hijerarhije ima n atributa A_1, A_2, \dots, A_n sa vektorom težina $\mathbf{t} = (t_1, t_2, \dots, t_n)$. Potrebno je naći \mathbf{t} u cilju određivanja relativnog značaja za

A_1, A_2, \dots, A_n . Ukoliko onaj ko ocenjuje težine upoređuje svaki par A_i i A_j svih atributa, kao stepen kojim A_i dominira nad A_j odnosno, t_i / t_j , tada se može formirati matrica upoređivanja parova kao:

$$A = (a_{ij}) = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & \dots & A_j & \dots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} t_1/t_1 & t_1/t_2 & \dots & t_1/t_j & \dots & t_1/t_n \\ t_2/t_1 & t_2/t_2 & \dots & t_2/t_j & \dots & t_2/t_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_i/t_1 & t_i/t_2 & \dots & t_i/t_j & \dots & t_i/t_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_n/t_1 & t_n/t_2 & \dots & t_n/t_j & \dots & t_n/t_n \end{matrix} \end{matrix}$$

Nakon toga se normalizovani vektor težina, t , može naći rešavanjem odgovarajućeg problema najveće sopstvene vrednosti:

$$At = nt \tag{5.6}$$

gde je A recipročna matrica sa osobinom $a_{ji} = 1/a_{ij}$ i $a_{ij} = 1$ za svako $i, j = 1, \dots, n$.

Takođe je poznato da, ako su dijagonalni elementi matrice A jednaki 1 ($a_{ij} = 1$) i ako je A regularna matrica ($\det A \neq 0$), tada male promene u vrednostima za a_{ij} zadržavaju najveću sopstvenu vrednost na recimo λ_{max} a ostale sopstvene vrednosti su približno jednake nuli. Na taj način je nalaženje vrednosti vektora t rešavanjem izraza (5.6) ekvivalentno nalaženju t rešavanjem jednačine

$$At = \lambda_{max} t \tag{5.7}$$

Uopšteno vektor t koji se dobija rešavanjem izraza (5.7) nije normalizovani vektor. Definišući $\alpha = \sum t_i$ i zamenjujući t sa t/α može se dobiti normalizovani vektor za određivanje relativnih značajnosti atributa A_1, A_2, \dots, A_n (Saaty i Vargas, 2000).

Indeks konzistentnosti (IK), kao mera konzistentnosti odstupanja n od λ_{max} , može se izračunati iz sledećeg izraza:

$$IK = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{5.8}$$

Za vrednost IK manju od 0,10 smatra se da predstavlja zadovoljavajuću meru koja indicira da su procene (za a_{ij}), konzistentne i da je zbog toga određena vrednost za λ_{max} „bliska“ idealnoj vrednosti koja se želi proceniti.

Poslednja faza metode AHP podrazumeva nalaženje kompozitnog normalizovanog vektora. Pošto su sukcesivni nivoi hijerarhije međusobno povezani, jednostavni kompozitni vektor jedinstvenih i normalizovanih vektora težina će se potom koristiti za nalaženje relativnih prioriteta svih entiteta na najnižem, hijerarhijskom nivou, što omogućava dostizanje postavljenih ciljeva celokupnog problema.

Uspesna primena metode AHP pri rešavanju niza realnih problema je evidentna kroz brojne primere u literaturi. Korišćena je kod izbora operativnog sistema za lokalnu mrežu računara; u predviđanju realne cene nafte; za izbor političkih kandidata u američkoj političkoj praksi; procenu tehnoloških koeficijenata, procenu i izbor izvozne tehnologije zemljama u razvoju; u planiranju transporta; pri izradi studije za definisanje strategije pri pregovorima sa teroristima, i u mnogim drugim sferama (Saaty i Vargas, 1991; Schmoldt i dr., 2001; Saaty, 2005; Saaty i Vargas, 2006).

5.4.3. PROMETHEE metoda

5.4.3.1. Istorijat nastanka metode

Metoda za rangiranje konačnog seta alternativa PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation*) obuhvata PROMETHEE I za parcijalno i PROMETHEE II za kompletno rangiranje alternativa. Razvijena je 1982. godine kada je autor J.P.Brans (1982) i prvi put predstavio javnosti na Konferenciji Univerziteta Laval u Kanadi. Samo nekoliko godina kasnije metoda je unapređena i proširena (Vincke i Brans, 1985), pa su se pojavile različite verzije PROMETHEE metode, posebno razvijene za specijalne potrebe višekriterijumskog analiziranja. Tako su nastale PROMETHEE III metoda za rangiranje bazirano na intervalima i PROMETHEE IV za potpuno i parcijalno rangiranje alternativa kada je skup održivih rešenja kontinualan, a kasnije su Brans i Mareschal (1992) razvili PROMETHEE V za pomoć pri odlučivanju kada postoje problemi sa segmentacionim ograničenjima i PROMETHEE VI za predstavljanje ljudskog mozga (Brans i Mareschal, 1995). Isti autori predložili su vizuelno interaktivni modul za grafičku interpretaciju – GAIA

(*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*) sa namerom da pomogne donosiocima odluka pri odlučivanju u složenijim situacijama (Mareschal i Brans, 1988). Verzija novijeg datuma, PROMETHEE GDSS (*Group Decision Support System*), prilagođena je podršci pri grupnom odlučivanju (Macharis i dr., 1998). PROMETHEE metode se uspešno primenjuju u različitim oblastima (Behzadian i dr., 2010).

5.4.3.2. Procedura metode PROMETHEE

Osnovni princip procesa rangiranja PROMETHEE metode sastoji se u poređenju uparenih alternativa što zapravo predstavlja devijaciju, odnosno odstupanje između ocene dve opcije unutar svakog definisanog kriterijuma. Što je veće odstupanje, to je veća vrednost preferencije.

Matematički posmatrano, možemo to formulisati na sledeći način:

Ako je sa A obeležen konačan skup svih raspoloživih akcija (alternativa) koje je potrebno rangirati, a sa k_1, k_2, \dots, k_p , p kriterijuma koji su prethodno izabrani, onda je za opšti problem višekriterijumskog odlučivanja potrebno naći:

$$\text{Max } \{k_1(a), k_2(a), \dots, k_p(a) \mid a \in A\} \quad (5.9)$$

Za problem definisan izrazom (5.9), potrebne podatke moguće je prikazati tabelarno, takozvanom evaluacionom tabelom (Čupić i Suknović, 2008), odnosno matricom performanse (Brans i dr., 1986; Bajčetić i Srđević, 2007):

Tabela 5.4. Evaluaciona tabela

	$k_1(\cdot)$	$k_2(\cdot)$	...	$k_j(\cdot)$	...	$k_p(\cdot)$
a_1	$k_1(a_1)$	$k_2(a_1)$	...	$k_j(a_1)$	...	$k_p(a_1)$
a_2	$k_1(a_2)$	$k_2(a_2)$	...	$k_j(a_2)$	...	$k_p(a_2)$
...
a_i	$k_1(a_i)$	$k_2(a_i)$	...	$k_j(a_i)$	...	$k_p(a_i)$
...
a_n	$k_1(a_n)$	$k_2(a_n)$	...	$k_j(a_n)$	...	$k_p(a_n)$

Primena metode PROMETHEE (uključujući njene dve verzije PROMETHEE I i PROMETHEE II) za rešavanje problema (5.9) podrazumeva tri osnovna koraka (Čupić i dr., 2001):

- proširenje strukture preferencija i uvođenje opšteg kriterijuma,
- obogaćenje grafa dominacije i konstrukciju grafa višeg reda i
- eksploataciju dobijenog grafa.

Ukoliko postoji samo jedan kriterijum $k(a)$ koji treba maksimizirati pri upoređivanju dve alternative a i b (gde $a, b \in A$), onda važe sledeće zakonitosti:

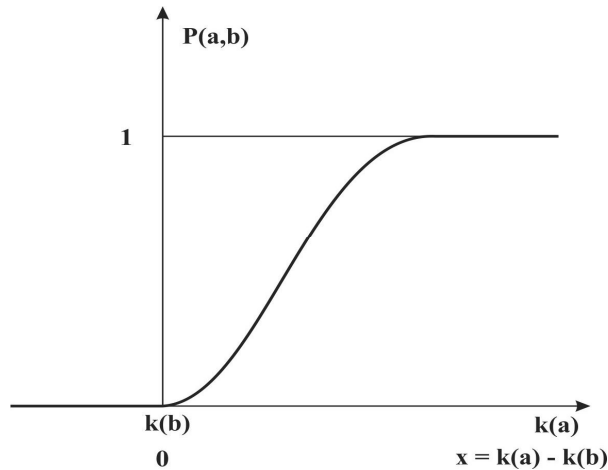
$$\begin{aligned} \text{Ako je: } k(a) > k(b) &\Rightarrow \mathbf{a P b} \text{ (} a \text{ je poželjnije od } b \text{), i} \\ \text{Ako je: } k(a) = k(b) &\Rightarrow \mathbf{a I b} \text{ (} a \text{ je indiferentno sa } b \text{)} \end{aligned} \quad (5.10)$$

Korak 1: Proširenje strukture preferencija i opšti kriterijum

U slučaju postojanja većeg broja kriterijuma uvodi se novi pristup obuhvatanja pojma kriterijuma tako što se definišu funkcije preferencije donosioca odluka za alternative a i b , pri čemu se razmatraju svi parovi postojećih alternativa za svaki kriterijum ponaosob odnosno, $P(a,b)$ što predstavlja preferenciju alternative a u odnosu na b . Vrednost funkcije preferencije se kreće između 0 i 1, tj. $0 \leq P(a,b) \leq 1$, kada je $P(a,b) \neq P(b,a)$. Veća preferencija se izražava većom vrednošću funkcije i obrnuto, a potencijalne kombinacije odnosa je moguće prikazati sledećim relacijama:

$$\begin{aligned} P(a,b) = 0 &\quad \text{nema preferencija tj. razlike među alternativama, indiferencija} \\ P(a,b) \sim 0 &\quad \text{slaba preferencija, } k(a) > k(b) \\ P(a,b) \sim 1 &\quad \text{jaka preferencija, } k(a) \gg k(b) \\ P(a,b) = 1 &\quad \text{striktna preferencija, } a \text{ potpuno dominira nad } b, k(a) \gg \gg k(b) \end{aligned}$$

Grafički, funkciju preferencije je moguće prikazati kao na slici 5.3.



Slika 5.3. Funkcija preferencije

Da bi se definisao opšti kriterijum koji se odnosi na $k(a)$, funkcija preferencije se može prikazati i na način (5.11):

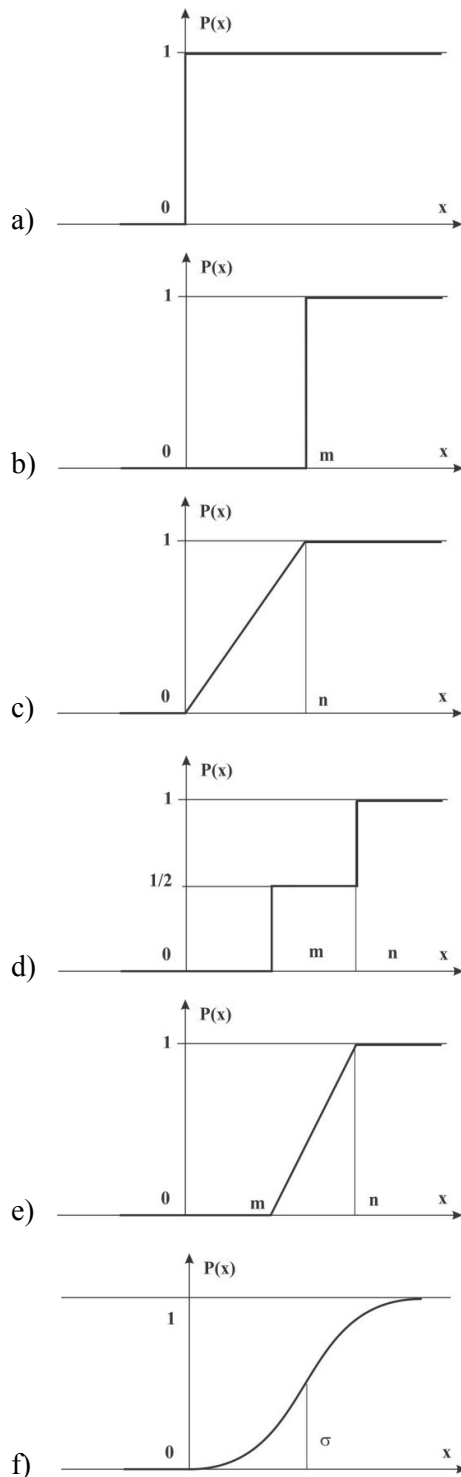
$$P(x) = \begin{cases} P(a, b) & x \geq 0 \\ P(b, a) & x \leq 0 \end{cases} \quad (5.11)$$

gde je $x = k(a) - k(b)$

Na osnovu izraza (5.11) moguće je definisati opšti kriterijum kao:

$$k(a) \rightarrow \begin{cases} k(a), P(a, b) \\ k(a), P(x) \end{cases} \quad (5.12)$$

Pri rešavanju većine realnih problema višekriterijmskog odlučivanja, autori metode (Vincke i Brans, 1985) navode šest vrsta opštih, generalizovanih kriterijuma sa odgovarajućim funkcijama preferencije $P(x)$, a ukazali su i na broj i vrstu parametara koje je potrebno definisati u konkretnoj primeni. Šest vrsta kriterijumskih funkcija su: osnovna, obična funkcija (tip I), funkcija U-oblika (tip II), V-oblika (tip III), oblika nivoa (tip IV), linearna funkcija (tip V) i Gausova funkcija (tip VI) (Slika 5.4).



Tip I: Običan kriterijum

$$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$$

Tip II: Kvazi kriterijum

$$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ 1, & x > m \end{cases}$$

Tip III: Kriterijum sa linearnom preferencijom

$$P(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x/n, & 0 \leq x \leq n \\ 1, & x > n \end{cases}$$

Tip IV: Nivo kriterijum

$$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ 1/2, & m < x < n \\ 1, & x \geq n \end{cases}$$

Tip V: Kriterijum linearne preferencije sa područjem indiferentnosti

$$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ \frac{x-m}{n-m}, & m < x \leq n \\ 1, & x > n \end{cases}$$

Tip VI: GAUSSOV kriterijum

$$P(x) = 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}$$

Slika 5.4. Vrste kriterijumskih funkcija u PROMETHEE metodi: a) osnovna funkcija (tip I); b) funkcija U-oblika (tip II); c) funkcija V-oblika (tip III); d) oblika nivoa (tip IV); e) linearna funkcija (tip V) i f) Gausova funkcija (tip VI)

Funkcija tipa I je osnovna, ne sadrži parametre i retko se koristi. Funkcija U-oblika (tip II) sadrži samo prag indiferentnosti i češće se koristi kod ocene alternativa kvalitativnih kriterijuma. Tip III funkcije V-oblika sadrži samo prag značaja preference n , češće se koristi kod ocene alternativa kvalitativnih kriterijuma ali, za razliku od prethodne funkcije, $P(x)$ je proporcionalna odstupanju alternativa u opsegu vrednosti od 0 do n . Funkcija oblika nivoa (tip IV) sadrži prag indiferentnosti m i prag značaja preference n , stepenastog je oblika i najčešće se koristi pri oceni alternativa kvalitativnih kriterijuma. Linearna funkcija (tip V) sadrži prag indiferentnosti m i prag značaja preference n , $P(x)$ je proporcionalna odstupanju alternativa u opsegu od $(-n-m)$ do $(+n+m)$ i najčešće se koristi pri oceni alternativa kvantitativnih kriterijuma. Gausova funkcija (tip VI) sadrži samo Gausov prag značaja σ i ređe se koristi od prethodnih funkcija preferenci.

Jedna od prednosti metode PROMETHEE se ogleda u njenoj prilagodljivosti u smislu mogućih modifikacija metode sa promenljivim pragovima kod korišćenih funkcija i sa uvođenjem potpuno novih funkcija.

Korak 2: Konstrukcija procenjenog grafa višeg ranga

Nakon što je za svaki kriterijum definisano kom tipu pripada, u sledećem koraku je potrebno odrediti vrednost preferencije alternative a u odnosu na b za svaki kriterijum i izračunati takozvani „indeks preferencije“ (IP) alternative a u odnosu na b uzimajući u obzir svaki par alternativa iz skupa A .

Indeks preferencije za sve kriterijume se može definisati kao:

$$\forall a, b \in A : IP(a, b) = \sum_{j=1}^p t_j P_j(a, b) \quad \left(\sum_{j=1}^p t_j = 1 \right) \quad (5.13)$$

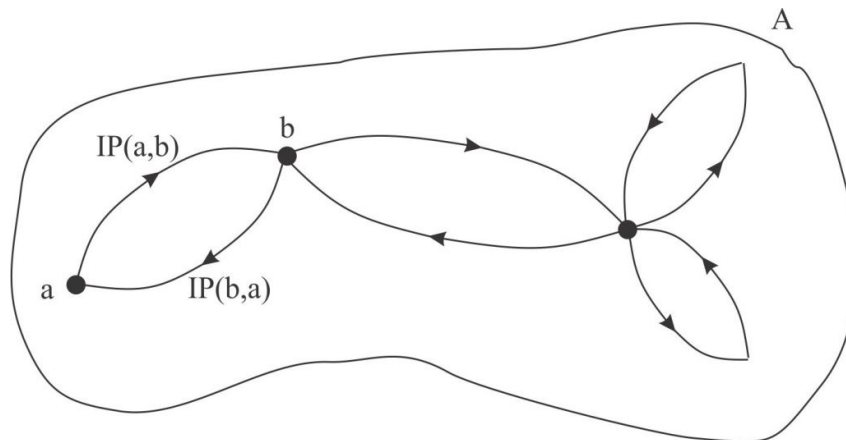
Ako svi kriterijumi imaju istu težinu: $t_j = 1/p$ tada na osnovu izraza (5.13) indeks preferencije iznosi:

$$IP(a, b) = 1/p \sum_{j=1}^p P_j(a, b) \quad (5.14)$$

Osobine indeksa preferencije se mogu izraziti na sledeći način:

- $0 \leq IP(a,b) \leq 1$; $IP(a,a) = 0$
- $IP(a,b) \sim 0$ slaba preferenca a u odnosu na b za sve kriterijume.
- $IP(a,b) \sim 1$ stroga preferenca a u odnosu na b za sve kriterijume.
- $IP(a,b) \neq IP(b,a)$

Procenjeni graf višeg ranga je graf čija su jezgra dopustive alternative i za svaki par alternativa a i b odgovarajući luk (a,b) ima vrednost njihovog indeksa preferencija $IP(a,b)$ (Slika 5.5).



Slika 5.5. Procenjeni graf višeg ranga (izvor: Brans, 1982)

Korak 3: Korišćenje relacija višeg ranga kao pomoć u odlučivanju

U procenjenom grafu višeg ranga određuju se ulazni i izlazni tok za svako jezgro (ili u apsolutnom ili u prosečnom iznosu), razmatrajući pri tome indekse preferencija jezgra a sa ostalim jezgrima x :

Pozitivni tok višeg reda (izlazni tok)

$$T^+(a) = \sum_{x \in A} IP(a, x) \quad \text{ili} \quad T^+(a) = \frac{1}{p-1} \sum_{x \in A} IP(a, x) \quad (5.15)$$

Negativni tok višeg reda (ulazni tok)

$$T^-(a) = \sum_{x \in A} IP(x, a) \quad \text{ili} \quad T^-(a) = \frac{1}{p-1} \sum_{x \in A} IP(x, a) \quad (5.16)$$

Što je veći izlazni tok (5.15), to alternativa a više dominira nad ostalim alternativama, a što je manji ulazni tok (5.16), to manji broj ostalih alternativa dominira nad alternativom a .

Definisanjem dva potpuna poretka $[P^+, I^+]$ i $[P^-, I^-]$ za koje važe relacije (5.17) i (5.18) respektivno, kao i razmatranjem preseka ova dva poretka, moguće je definisati parcijalni poredak (P^I, I^I, R) (prema metodi PROMETHEE I) dat izrazom (5.19).

$$\begin{array}{lll} a P^+ b & \text{ako i samo ako je} & T^+(a) > T^+(b) \\ a I^+ b & \text{ako i samo ako je} & T^+(a) = T^+(b) \end{array} \quad (5.17)$$

i

$$\begin{array}{lll} a P^- b & \text{ako i samo ako je} & T^-(a) < T^-(b) \\ a I^- b & \text{ako i samo ako je} & T^-(a) = T^-(b) \end{array} \quad (5.18)$$

$$\begin{array}{l} 1) a P^I b \text{ ako i samo ako je } \begin{cases} a P^+ b \text{ i } a P^- b \\ a I^+ b \text{ i } a I^- b \\ a I^+ b \text{ i } a P^- b \end{cases} \\ 2) a I^I b \text{ ako i samo ako je } a I^+ b \text{ i } a I^- b \\ 3) a R b \text{ u ostalim slučajevima} \end{array} \quad (5.19)$$

Korišćenjem metode PROMETHEE I definisana je delimična relacija (relacija delimičnih poredaka) predstavljena izrazom (5.19) koja donosiocu odluke daje graf u kome je neke alternative moguće upoređivati, a neke ne. Da bi se eliminisali nedostaci pristupa delimičnih relacija, razvijena je nova verzija metode, PROMETHEE II, koja taj problem rešava na adekvatan način.

Na osnovu izraza za tokove višeg ranga (5.15) i (5.16) može se definisati čisti tok („net flow“, Φ) kao razlika pozitivnog i negativnog toka $T(a) = T^+(a) - T^-(a)$ koji se može jednostavno upotrebiti pri rangiranju alternativa:

$$\begin{array}{lll}
 a P^{\text{II}} b & \text{ako i samo ako je} & T(a) > T(b) \\
 a I^{\text{II}} b & \text{ako i samo ako je} & T(a) = T(b)
 \end{array} \quad (5.20)$$

Primenom metode PROMETHEE II dobija se potpuna relacija kod koje su sve alternative iz A potpuno rangirane, jer se pri razmatranju svakog para alternativa (a, b) može desiti samo jedna od dve mogućnosti navedene izrazom (5.20).

Primena PROMETHEE II metode ukratko podrazumeva definisanje odgovarajuće funkcije preferencije i dodeljivanje težine značajnosti (težinskog koeficijenta) svakom pojedinačnom kriterijumu. Određivanje težina značajnosti je veoma važan korak u svim višekriterijumskim metodama, pa tako i u metodi PROMETHEE II gde donosilac odluke mora da bude dovoljno informisan i objektivan kako bi na adekvatan način dodelio težine svakom kriterijumu (Macharis i dr., 2004).

Grafičku interpretaciju PROMETHEE metode omogućava GAIA (*Geometrical Analysis For Interactive Assistance*) ravan. Na taj način stiče se jasnija slika problema odlučivanja kroz praćenje PROMETHEE rangiranja. Modeliranje pomoću GAIA vizualizacije pruža potrebne informacije donosiocu odluke o konfliktnim karakteristikama kriterijuma i njihovom težinskom uticaju na konačni rezultat. GAIA ravan je definisana vektorima koji proizilaze iz matrice kovarijansi, formirane preko analize glavnih komponentata (PCA analiza). Korišćenjem PCA analize moguće je formirati ravan, pri čemu se određeni procenat informacija gubi projektovanjem (Brans i Mareschal, 1994; Visual Decision Inc., 2007). Mera količine informacija koje su sačuvane datim modelom obeležava se sa Δ . U praksi, vrednost Δ se kreće iznad 60%, a u mnogim slučajevima i iznad 80% (Brans i Mareschal, 1994).

GAIA ravan predstavlja projekciju seta n alternativa koje mogu biti predstavljene kao n tačaka u k -dimenzionalnom prostoru, gde n predstavlja broj alternativa, a k broj kriterijuma. Na osnovu pozicije kriterijuma u GAIA ravni (obeležavaju se kvadratima) može se utvrditi saglasnost ili konfliktnost između pojedinih kriterijuma. Takođe, i pozicija alternativa (koje se predstavljaju trouglovima) određuje jačinu ili slabost osobine akcije u odnosu na kriterijume, tako da ukoliko je neka alternativa bliža usmerenju ose pojedinog kriterijuma, utoliko je bolja po tom kriterijumu.

5.4.3.3. Softverska podrška

Kako bi olakšali primenu ovog složenog višekriterijumskog metoda, autori Mareschal i Brans su 1986. god. predstavili softverski paket PROMCALC (Mareschal i Brans, 1986). Ovaj softver je bio namenjen rešavanju svih vrsta višekriterijumskih problema i prilagođen primeni PROMETHEE I, II, V, VI, kao i GAIA vizuelnom modulu. Trenutno aktuelni softver, *Decision Lab 2000*, za primenu PROMETHEE/GAIA metode, razvijen je u saradnji sa kanadskom kompanijom *Visual Decision (Visual Decision Inc., 2007)* i zamenio je prethodno softversko rešenje PROMCALC. Zapravo, ovaj softverski alat omogućava donosiocima odluka pouzdanost i kvalitet čitavog procesa odlučivanja kroz strukturisani postupak i pomoć računara.

5.4.3.4. Oblasti primene metode PROMETHEE

S obzirom da metoda pokazuje prednosti u odnosu na druge metode po pitanju načina strukturiranja problema, zatim količine podataka koje je moguće obraditi, mogućnosti kvantifikovanja kvalitativnih veličina i dobroj softverskoj podršci i prezentaciji preko GAIA ravni (Brans i dr., 1986; Macharis i dr., 2004; Nikolić i dr., 2010), opseg primene PROMETHEE/GAIA metode je iz godine u godinu sve veći.

Brojni publikovani radovi to potvrđuju. Primena PROMETHEE II metode izvršena je i na primeru izbora gume za automobile istih dimenzija a različitim karakteristikama, proizvođača "*Tigar tyres*" iz Pirota (Prvulović i dr., 2008). Kolli i Parsaei (1992) su istraživali mogućnost primene metode u proceni naprednih tehnologija proizvodnje. Takođe je istražena i mogućnost primene u trgovini akcijama (Albadvi i dr., 2007).

Na bazi sve većeg broja naučno-istraživačkih radova iz oblasti primene PROMETHEE metode, Behzadian i saradnici (2010) su obavili temeljno istraživanje o njegovoj primeni u različitim oblastima, počevši od 1985. godine do 2010. godine. Na bazi uzorka od 195 naučnih radova, radovi su svrstani u devet glavnih oblasti primene: menadžment zaštite životne sredine, hidrologija i upravljanje vodnim resursima, poslovni i finansijski menadžment, hemija, logistika i transport, proizvodnja i montaža,

energetski menadžment, društveni i ostali aspekti. Ostali aspekti se tiču oblasti primene u medicini (Davignon i Mareschal, 1989), poljoprivredi, obrazovanju, dizajnu, državnoj upravi i sportu.

5.5. Modelovanje kvaliteta površinskih voda

Model sistema je materijalni objekt ili apstraktno-logička struktura, koji je u određenim granicama analogni posmatranom sistemu i koji reprodukuje ili zamenjuje sistem na određenom stepenu naučnog saznanja, tako da se ispitivanjem fenomena na modelu dolazi do novih informacija o fenomenima u sistemu. Model je, ukratko, uprošćena predstava suštine bitnih fenomena i svojstava posmatranog sistema.

Model predstavlja deo realnosti, ali samo onih aspekata koji su od posebnog interesa. Manipulacijom modela upoznaje se realni sistem. Modeli se koriste za tumačenje realnih sistema implicitno ili eksplicitno. Najvažnija osobina matematičkih modela je njihov izuzetno visok stepen opštosti. Stepem praktične primenljivosti određuje vrednost modela. Model je vredan ako se njegovom analizom dolazi do novih saznanja o modelovanom fenomenu ili sistemu.

Prognoze i procene trendova zagađenja ekosistema zahtevaju uključivanje modela. Deterministički modeli se izvode iz zakona fenomena. Kod slučajnih sistema koriste se stohastički modeli koji zahtevaju ugradnju funkcija raspodele verovatnoće i generatora slučajnih brojeva. Mogu se koristiti i empirijski modeli dobijeni regresionom analizom.

Deterministički pristup pri opisu ekosistema koristi fundamentalne mehanizme za koje se smatra da kontrolišu sistem. Empirijski pristup opisuje ponašanje sistema na bazi eksperimentalnih podataka.

Kod determinističkih modela izlazne promenljive imaju vrednost koja je kompletno određena strukturom sistema, parametrima i ulaznim promenljivima. Obično su sistemi diferencijalnih jednačina pogodni za algoritamski pristup u rešavanju. Postojanje i jedinstvenost numeričkog rešenja modela su potvrda determinističkog karaktera takvog ekosistema.

Model procesa koji opisuje slučajne promene karakterističnih veličina sistema je stohastički. Stohastički modeli mogu dati samo karakteristike zakona raspodele verovatnoće ponašanja ekosistema, dopuštajući neodređenost odnosno nepotpunost

poznavanja samog ekosistema. Na osnovu stanja sistema u vremenu t ne može se odrediti stanje sistema u sledećem vremenskom trenutku $t+1$, već samo verovatnoća tog stanja sistema.

Modeli se kao baza znanja ugrađuju u sisteme za podršku odlučivanja i ekspertske sisteme. Proces odlučivanja zahteva ljudsku kreativnost. Uz pomoć računara i odgovarajuće formalizacije proces odlučivanja može se ubrzati i učiniti efikasnijim. Proces za podršku odlučivanju je složeni sistem istraživanja i analize, koji se završava kreiranjem mogućih rešenja na osnovu kojih se donose konačne odluke.

Svrha sistema za podršku odlučivanju nije da zameni donosioca odluke, već da podrži donošenje odluke, obezbeđujući analizu i podršku potrebnu za konkretnije odlučivanje. Namenjen je odlučivanju, pa integriše postojeća naučna znanja sa metodama obrade podataka.

Deterministički modeli su najpouzdaniji, ali i najzahtevniji pri izvođenju. Zasnovani su na osnovnim zakonima održanja mase, energije i momenta. Izvode se na različitom nivou detaljnosti, od mikroskopskih do makroskopskih. U formi su složenog sistema diferencijalnih jednačina sa ograničenjima.

Podsistemska analiza je ovde poželjna jer olakšava modelovanje sistema. Čine je modeli hidrodinamike kompletnog rečnog toka, koji uključuju prostor i vreme, prateći profil reke od ulaza do uliva (Liang i dr., 1994). Bilansi uključuju pritoke, kanale, ulive otpadnih voda iz kolektora otpadnih voda gradske kanalizacije i industrijskih sistema. Meterološki modeli su takođe obavezni. Posebno su važni modeli fenomena prenosa, faznih promena i hemijske i biohemijske reakcije, na graničnim površinama sa vazduhom i rečnim koritom, kao i u vodenom toku (Weserink i Graz, 1991).

5.5.1. Modelovanje i predviđanje kvaliteta površinske vode integrisanjem WQI metode i metode predviđanja

Fizičko-hemijske osobine uzoraka površinske vode istraživane su hemometrijskom analizom, primenom viševarijantne analize, metodom višekriterijumskog odlučivanja.

Rangiranje kvaliteta vode, zasnovano je na deset izabranih parametara, 17 mernih lokacija i hronologiji od 2005. do 2009. godine. Svrha istraživanja je procena mogućnosti zahvatanja vode Dunava u cilju prerade u vodu za piće.

Ekološki rizik procenjen je rangiranjem lokacija i vremena uzorkovanja za izabrane parametre. Kvalitet površinske vode ocenjivan je metodom indeksa kvaliteta vode (WQI). S obzirom da ne postoji globalna standardizacija metode, generisan je softver za procenu WQI, na ekperimentalnim i podacima iz literature (*Scottish Development Department*, 1976; OWQI, 2005; NTIS, 1978) i delimično usklađen sa standardima ovlašćenih institucija Srbije, preporukama Svetske zdravstvene organizacije (WHO) i Direktivama EU. Uloga WQI metode je u numeričkom sumiranju informacija iz brojnih parametara kvaliteta vode u jednu numeričku vrednost. Ta se vrednost koristi za komparativnu analizu sa različitim lokacijama i procenu vremenskog trenda na jednoj lokaciji.

Kao što je već pomenuto (detaljnije u odeljku 5.1), WQI uključuje standardizovane jedinice za parametre koji se mere, q_i vrednost ili indeks kvaliteta parametra, kao pokazatelj doprinosa svakog parametra kvalitetu vode i izražen je kao udeo u vrednosti 100 i w_i težinski faktor, koji predstavlja relativnu važnost parametara u ukupnom kvalitetu vode, izražen kao udeo. Kada parametar nedostaje, zbir težinskih faktora parametara za koje se poseduju podaci koriste se za korekciju WQI. Zbir vrednosti indeksa kvaliteta parametara deli se zbirom težinskih faktora parametara (Oram, 2012).

Reprezentativni sajt Agencije za zaštitu životne sredine RS lociran u Beogradu (www.sepa.gov.rs) i konsultantski sajt (www.water-research.net) lociran u Severnoj Pensilvaniji SAD, koji koriste metodu procesiranja na udaljenom računaru, nisu pogodni za ozbiljna istraživanja zbog otežanog načina unosa sopstvenih podataka i načina akvizicije postprocesiranih podataka na sopstvenom računaru. Međutim, njihov značaj za testiranje i komparativnu analizu su izuzetni.

Zato je generisan sopstveni softver za izračunavanje WQI vrednosti. Pri tome su korišćeni literaturni modeli (NTIS, 1978) i literaturni eksperimentalni podaci (*Scottish Development Department*, 1976; OWQI, 2005). Softver za izračunavanje WQI projektovan je modularno. Izabran je određeni broj parametara stanja, kojima su dodeljeni težinski faktori w_i . Na sajtu RS izabrano je deset parametara, a na sajtu USA

devet parametara. Izabrani parametri se još i razlikuju, a vrednosti težinskih faktora na sajtu RS nisu prikazani. Kako bi se omogućila kvalitetna komparativna analiza generisana su dva softverska rešenja WQI-1 i WQI-2 softver. U tabeli 5.5 prikazani su izabrani parametri i odgovarajući težinski faktori.

Tabela 5.5. Indeks kvaliteta vode prema standardima RS i SAD

RS			SAD		
Parametri	Jedinica mere	Maks. vredn.	Parametri	Jedinica mere	Težinski faktor
Temperatura	(°C)	5	Rastvoreni kiseonik	(% sat)	0,17
pH vrednost	-	9	Fekalni koliformi	(kolonije/ 100 ml)	0,16
Elektroprovodljivost	(µS/cm)	6	pH	-	0,11
Zasićenost kiseonikom	(%)	18	BPK	(mg/l)	0,11
BPK-5	(mg/l)	15	Promena temperature	(°C)	0,10
Suspendovane materije	(mg/l)	7	Ukupni fosfati	(mg/l)	0,10
Ukupni oksidi azota	(mg/l)	8	Nitrati	(mg/l)	0,10
Ortofosfati	(mg/l)	8	Zamućenost	(Jtu)	0,08
Amonijum	(mg/l)	12	Suspendovane materije	(mg/l)	0,07
Koliformne bakterije	(MPN u 100ml)	12			
$\Sigma = 100$			$\Sigma = 1,00$		

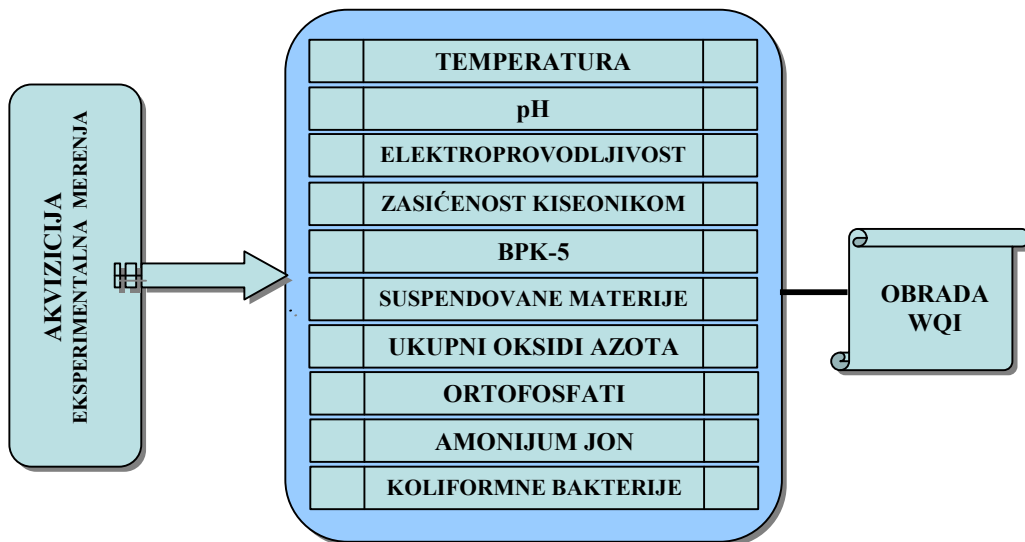
Tabela 5.6. Novi generisani softver za obradu WQI podataka

WQI-1				WQI-2		
Parametri	Jedinica mere	Težinski faktor	Maks. vredn.	Parametri	Jedinica mere	Težinski faktor
Temperatura	(°C)	0,05	5	Rastvoreni kiseonik	(% sat)	0,17
pH vrednost	-	0,09	9	Fekalni koliformi	(kolonije/100 ml)	0,16
Elektroprovodljivost	(µS/cm)	0,06	6	pH	-	0,11
Zasićenost kiseonikom	(%)	0,18	18	BPK	(mg/l)	0,11
BPK-5	(mg/l)	0,15	15	Promena temperature	(°C)	0,10
Suspendovane materije	(mg/l)	0,07	7	Ukupni fosfati	(mg/l)	0,10
Ukupni oksidi azota	(mg/l)	0,08	8	Nitrati	(mg/l)	0,10
Ortofosfati	(mg/l)	0,08	8	Zamućenost	(Jtu)	0,08
Amonijum	(mg/l)	0,12	12	Suspendovane materije	(mg/l)	0,07
Koliformne bakterije	(MPN u 100ml)	0,12	12			
$\Sigma =$				$\Sigma =$		
1,00				1,00		

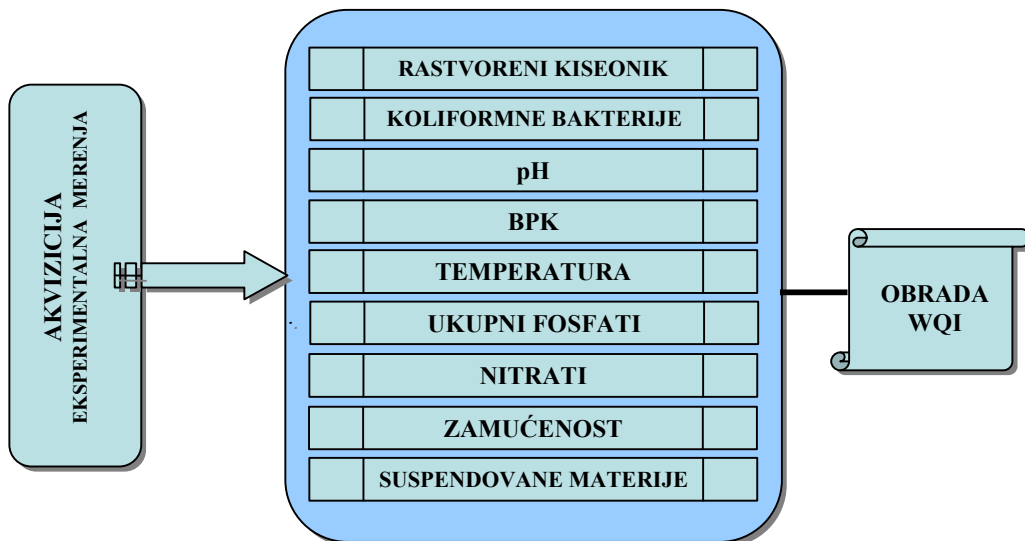
Svaki od izabranih parametara nezavisno je modelovan. Izvedeni su modeli indeksa kvaliteta parametra q_i u funkciji merene vrednosti parametra. Formirana je baza programskih modula sa ugrađenim ulazima i izlazima. Moduli se mogu jednostavno povezivati i isključivati iz simulacionog toka programa.

Na slikama 5.6 i 5.7 respektivno, prikazani su dijagrami toka generisanih WQI-1 i WQI-2 programa, koji integrišu modul-1 za akviziciju podataka sa mernih mesta (lokacija i vreme), modul-2 za izračunavanje indeksa kvaliteta svakog parametra (q_i) i modul-3 koji procesira podatke i generiše WQI vrednost.

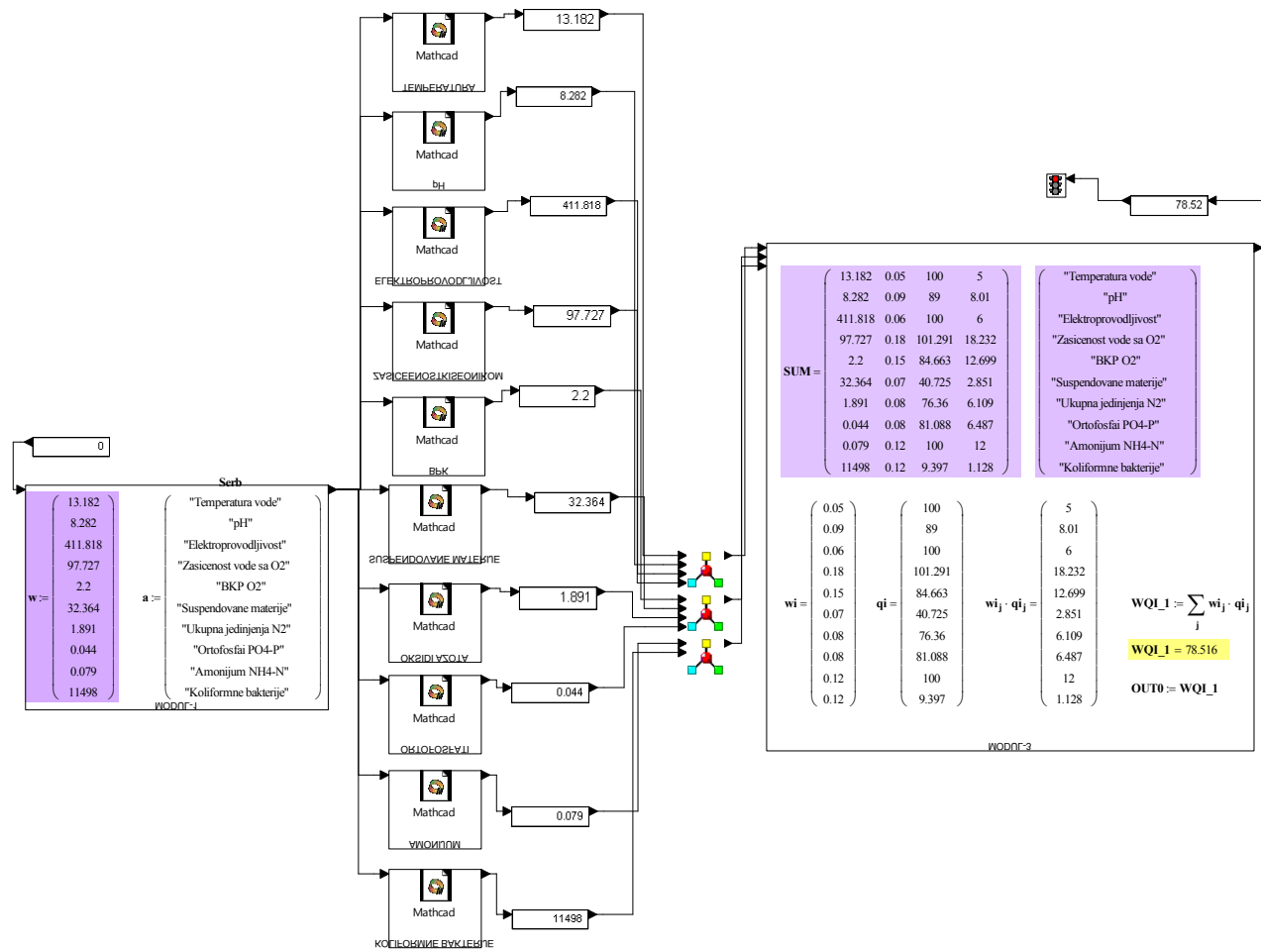
U modul-3 ulaze podaci o vremenu i lokaciji merenja, vektor vrednosti indeksa kvaliteta parametara q , vektor težinskih faktora parametara w , i vrši se procesiranje vrednosti WQI po standardnom algoritmu. U modulu-3 se nalazi i algoritam za korekciju WQI vrednosti u slučaju odsustva neke od merenih vrednosti parametara. Programaska realizacija funkcioniše kao simulacioni softver.



Slika 5.6. Dijagram toka obrade podataka SWQI metode



Slika 5.7. Dijagram toka obrade podataka WQI metode



Slika 5.8. WQI-1 program u MathConnex softverskom okruženju

Na slici 5.8 prikazano je softversko rešenje generisano po metodi WQI-1. Programski moduli generisani su *Mathcad* (*MathSoft, Inc., 2007*) programskim paketom i integrisani u *MathConnex* (www.mathsoft.com) softverskom okruženju za povezivanje heterogenih programskih paketa. WQI-1 program je ilustrovan na primeru procesiranja vrednosti parametara stanja Dunava na lokaciji Bezdán. Vrednosti parametara osrednjene na godišnjem nivou za 2009. godinu, koriste se kao ulaz u Modul-1, gde se vezuju za kvalitativne promenljive. U modulu-2, integrisano je deset programskih rešenja, koja određuju indes kvaliteta svakog parametra (q_i) u funkciji ulaznih vrednosti. U modul-3 ulaze vektor vrednosti indeksa kvaliteta parametara generisan u Modulu-2, predefinisane vrednosti vektora težinskih faktora parametara i , prema algoritmu WQI metode, izračunava se WQI vrednost.

5.5.2. Metoda neparametarskog i parametarskog predviđanja

Metode neparametarskog linearnog predviđanja i metoda parametarskog predviđanja su metode koje se, između ostalih, često koriste u analizi i predviđanju vremenskih serija podataka.

Kod metode linearnog predviđanja, prediktivna funkcija uzima određen broj prethodnih tačaka od kraja vremenske serije podataka koja se želi koristiti za predviđanje, i broj naknadnih tačaka za predviđanje. Metoda linearnog predviđanja vraća vektor koji sadrži sledeće predviđene vrednosti vremenske serije. Pretpostavlja se da su podaci mereni i procenjivani u jednakim vremenskim intervalima.

Kod parametarskog predviđanja, za datu vremensku seriju podataka, izabrana funkcija može se koristiti za prilagođavanje podacima vremenske funkcije. Ova funkcija se zatim može koristiti za predviđanje budućih vrednosti za vremenske serije.

Komparativna analiza pokazuje da ne postoji razlog za optimističko očekivanje saglasnosti dveju metoda. Obe metode rade nešto što je suštinski nemoguće: predviđanje budućnosti. Prilikom izbora metode predviđanja, opšta je preporuka da se koristi onaj metod koji najbolje odgovara sopstvenom razumevanju značenja podataka. Ako se poseduje dovoljno znanja u vezi sa izvorom podataka i može razumno proceniti forma funkcije koja „fituje“ (prilagođava) podatke, preporučuje se parametarska metoda. U suprotnom, preporučuje se korišćenje neparametarske ili neke druge metode.

U radu je korišćena Burgsova metoda i algoritam za linearnu predikciju, koji je u literaturi i na internetu potpuno dostupan, ne samo kao metoda i algoritam, već i izvorni softverski kod (Burg, 1975; Claerbout, 1997; Hayes, 2002; Press i dr., 2002; Collomb, 2009).

5.5.3. Formiranje modela prognoze koncentracije polutanata na pojedinim lokacijama

Postoji relativno mali broj primena viševarijantnog predviđujućeg modelovanja u ekološkim problemima. Takođe, metode višekriterijumskog donošenja odluke, nisu značajno zastupljene u literaturi za viševarijantne rang analize parametara koji utiču na kvalitet vode. Istraživanja koja su sprovedli Ayoko i saradnici (2007) upotpunjavaju osnovna znanja o fizičko-hemijskom kvalitetu površinskih voda i poboljšavaju razumevanje odnosa između faktora i odgovora, kao i sprovođenje predviđajućih modela za ocenu kvaliteta vode.

Visoka kompleksnost fizičkih, hemijskih, biohemijskih i mikrobioloških procesa koji se odigravaju u površinskom vodotoku Dunava, sam zahtev za predviđanje koncentracije polutanata čini veoma otežanim. Moguća su dva pristupa, deterministički i empirijski.

Kod determinističkog pristupa, implicitni model u formi sistema diferencijalnih jednačina, numeričkim rešavanjem daje eksplicitne vrednosti parametara sistema, tj. stanje ekosistema. Pri tome se znatno redukuje broj neophodnih eksperimentalnih podataka, a u slučaju primene metode optimalnog planiranja eksperimenta i minimizuje. Istovremeno, rastu zahtevi za nivoom znanja o fenomenima koji se odigravaju u ekosistemu. Ograničena znanja o fenomenima smanjuju mogućnost efikasne primene ovog pristupa.

Empirijski pristup koristi empirijske modele u formi različitih funkcija kojima se aproksimira stanje sistema odnosno, koncentracije polutanata u funkciji spoljašnjih i unutrašnjih uslova ekosistema vodotoka. Međutim, ovaj pristup zahteva veliku količinu izmerenih podataka i složene statističke metode za njihovu obradu i analizu dobijenih rezultata.

Višekriterijumska metoda PROMETHEE i njegov vizuelni interaktivni modul GAIA koriste neparametarske metode zasnovane na uparenom poređenju objekata i promenljivih. PROMETHEE olakšava rangiranje ili uređenost jednog broja objekata u skladu sa željama i težinskim uslovima, koji su prethodno odabrani od strane korisnika, a primenjuju se na promenljive (na primer, koncentracija polutanata). Njihovi algoritmi su zasnovani na metodi parcijalnih najmanjih kvadrata (PLS), koja određuje relevantnost, i metodi analize glavnih komponentata (PCA), koja određuje dominantnost parametara (Nikolić i dr., 2010).

Rezultati kompletne PROMETHEE analize rangiranja parametara kvaliteta vode ukazuju na najmanje zagađeno merno mesto, sa najboljim kvalitetom vode, i na najzagađenije merno mesto, sa najlošijim kvalitetom vode, sa odgovarajućim neto tokovima preferencije. Pomoću opšte PLS metode, kao posebno važne faktore potencijalnog ekološkog rizika koje utiču na kvalitet vode, mogu se izdvojiti određeni polutanti (relevantni i dominantni parametri).

Analizom GAIA ravni mogu se identifikovati najvažnije varijable koje utiču na rangiranje vode. Ove promenljive je lako potvrditi PLS analizom, što se može koristiti pri modelovanju i predviđanju nivoa ostalih zagađivača vode.

Iako modelovanje ne daje zadovoljavajuća predviđanja nekih pokazatelja kvaliteta vode, s obzirom na činjenicu da su podaci korišćeni za modelovanje dobijeni istraživanjima koja nisu sprovedena metodom planiranja eksperimenta, rezultati ipak daju podršku održivosti primenjenog koncepta. Suštinski, pristup omogućuje da se metodom analize više promenljivih podataka predvidi kvalitet vode iz nekoliko lako izmerenih serija promenljivih.

6. REZULTATI I DISKUSIJA

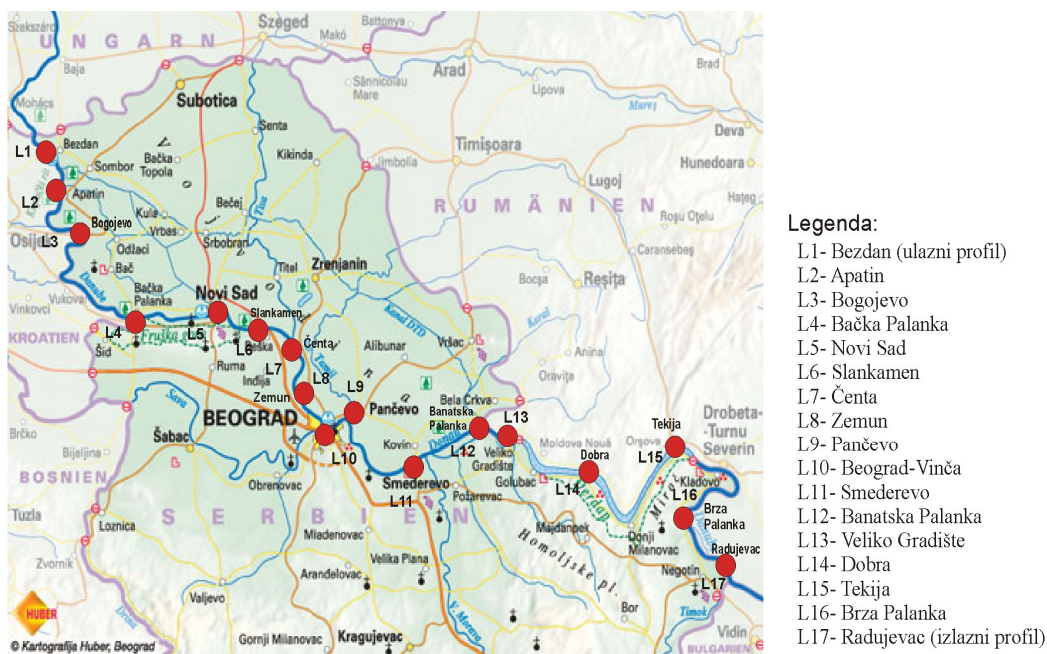
6.1. Analiza kvaliteta vode

Analiza kvaliteta vode reke Dunav kroz Srbiju polazi od fonda podataka RHMZ Srbije za 2009. godinu. Istraživanjem stanja kvaliteta vode reke Dunav obuhvaćeno je sedamnaest hidroloških mernih stanica na određenom rastojanju od ušća duž toka reke:

1. Bezdán – ulazni profil – 1.425,59 km;
2. Apatin – 1.401 km;
3. Bogojevo – 1.367,4 km;
4. Bačka Palanka – 1.298,6 km;
5. Novi Sad – 1.254,98 km;
6. Slankamen – 1.215,5 km;
7. Čenta – 1.189 km;
8. Zemun – 1.174 km;
9. Pančevo – 1.154,6 km;
10. Beograd-Vinča – 1.145,5 km;
11. Smederevo – 1.116 km;
12. Banatska Palanka – 1.076,6 km;
13. Veliko Gradište – 1.059,2 km;
14. Dobra – 1.021 km;
15. Tekija – 956,2 km;
16. Brza Palanka – 883,8 km;
17. Radujevac – izlazni profil - 852 km.

Podaci monitoringa kvaliteta vode, prikupljeni u periodu od januara do decembra 2009. godine, prikazani su tabelama 1-17 datim u PRILOGU 1. Za svaki pojedinačni parametar kvaliteta vode je zatim, na osnovu podataka monitoringa, izračunata srednja godišnja vrednost i označena posebno u koloni „Prosek“ u tabelama 1-17. Podaci monitoringa uključuju i rastojanje svake merne stanice od ušća (u *km*), kao i ostale relevantne informacije o mernoj stanici - geografsku širinu, geografsku dužinu,

mesto uzorkovanja u profilu, površinu sliva do stanice (u km^2), godinu početka rada merne stanice i godinu uzorkovanja. Mapa lokacija na Dunavu na kojima je vršeno merenje parametara kvaliteta vode, data je na slici 6.1.



Slika 6.1. Mapa mernih lokacija duž toka Dunava kroz Srbiju

Na mestu uzorkovanja merena je temperatura i pH vrednost vode je određena SRPS H.Z1.111 metodom; biohemijska potrošnja kiseonika (BPK-5) metodom EPA 360.2; rastvoreni kiseonik je utvrđen SRPS H.Z1.135 metodom; suspendovane materije 13.060.30 SRPS H.Z1.160 metodom; standardnom analitičkom metodom APHA AWWA WEF 4500-P određeni su fosfati; ammonium ion je određen prema SRPS ISO 7150-1 metodi; ukupni oksidi azota SRPS ISO 5663 metodom, dok je najverovatniji broj koliformnih bakterija (*E-coli*) određen u 11 posle 48 sati inkubacije na 37 °C (RHMZS, 2010).

U cilju utvrđivanja trenda kvaliteta vode Dunava, korišćen je fond podataka sa pet odabranih mernih stanica Dunava u periodu od 2005. do 2009. godine. U tabelama 18-37, datim u PRILOGU 2., prikazani su podaci i izračunate su srednje godišnje vrednosti za svaki parametar u koloni „Prosek“.

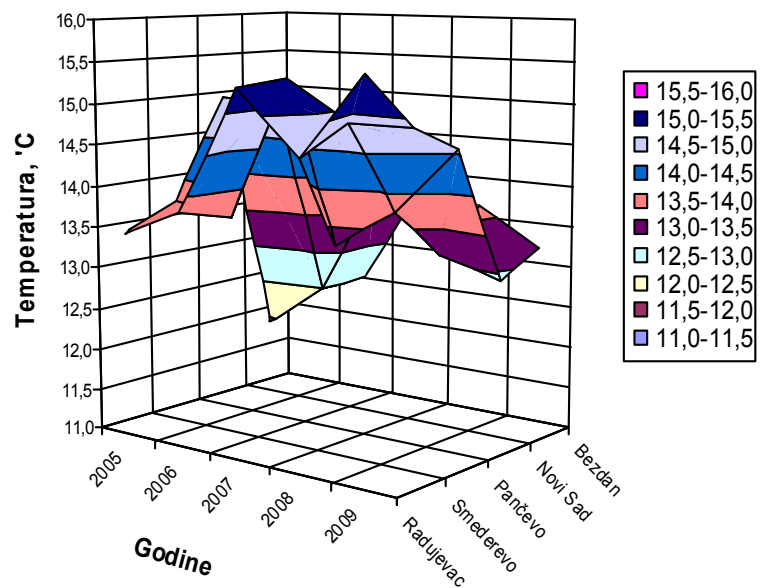
6.1.1. Promene parametara kvaliteta vode Dunava u periodu od 2005. do 2009. godine

Utvrđivanje trenda promene kvaliteta vode Dunava predmet je interesovanja velikog broja autora. Živadinović i saradnici (2010) pratili su dugoročne promene određenih eko-hemijskih parametara kvaliteta vode Dunava u vremenskom periodu od 1992. do 2006. godine. Analiza je pokazala konstantno popravljjanje parametara i prihvatljive trendove eko-hemijskog statusa Dunava, kao i primetne razlike u kvalitetu vode između ulaznog (Bezdan) i izlaznog profila Dunava iz Srbije (Ilijević et al., 2011).

Ovakav pristup uticao je na potrebu za utvrđivanjem petogodišnjeg trenda promene parametara kvaliteta vode, pa su posmatrane promene vrednosti svakog od deset SWQI parametara kvaliteta vode Dunava sa dva aspekta. Površinski 3D-grafikoni sa kontinualnom krivom predstavljani su na slikama 6.2. do 6.11. i pokazuju promene srednjih godišnjih vrednosti parametara kvaliteta vode (vertikalna osa) u funkciji analiziranog vremenskog perioda (od 2005. do 2009. godine) i u funkciji prostora duž toka reke Dunav od ulaznog do izlaznog profila kroz Srbiju (horizontalne ose). Prezentovani rezultati jasno i brzo prikazuju procenu trenda promene SWQI parametara kvaliteta vode Dunava u vremenu i prostoru (Mladenović-Ranisavljević i dr, 2012b).

Tabela 6.1. Temperatura vode na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

Temperatura vode (° C)		Godina kontrole kvaliteta vode				
		2005	2006	2007	2008	2009
Merna stanica	Bezdan	12,8	12,5	13,8	13,6	13,2
	Novi Sad	12,0	12,5	14,0	13,1	12,9
	Pančevo	15,0	15,0	13,3	13,8	14,6
	Smederevo	13,8	13,6	15,4	14,9	14,9
	Radujevac	13,5	13,8	15,3	14,6	15,5

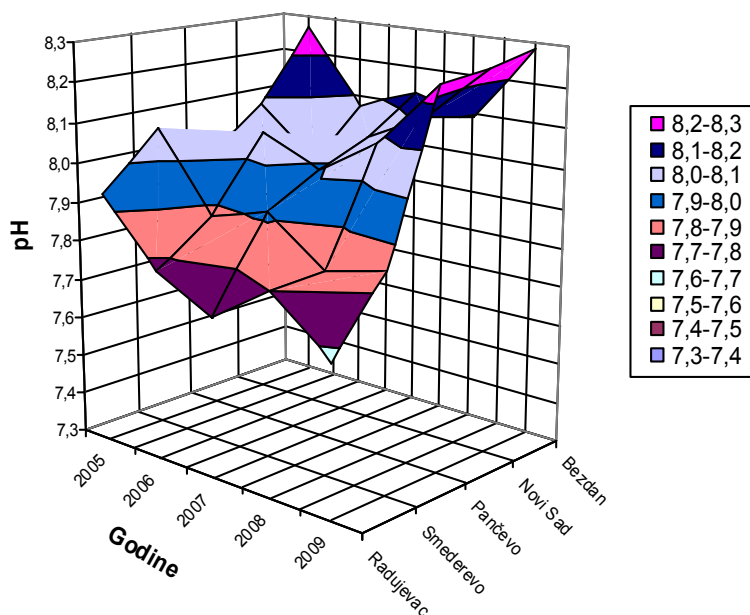


Slika 6.2. 3-D grafikon parametra temperatura

Nije primećen značajniji porast temperature između ulaznog i izlaznog toka Dunava, s obzirom da je temperatura vode varirala u opsegu od 12,0 °C (na mernoj stanici Novi Sad, u 2005. godini) do 15,5 °C (na mernoj stanici Radujevac, u 2009. godini).

Tabela 6.2. pH vrednost vode na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

pH	Godina kontrole kvaliteta vode				
	2005	2006	2007	2008	2009
Bezdán	8,3	8,1	8,1	8,1	8,3
Novi Sad	8,1	8,0	8,0	8,1	8,3
Pančevo	8,0	8,1	8,0	8,1	8,2
Smederevo	8,1	7,9	7,9	7,8	7,8
Radujevac	7,9	7,8	7,7	7,8	7,7

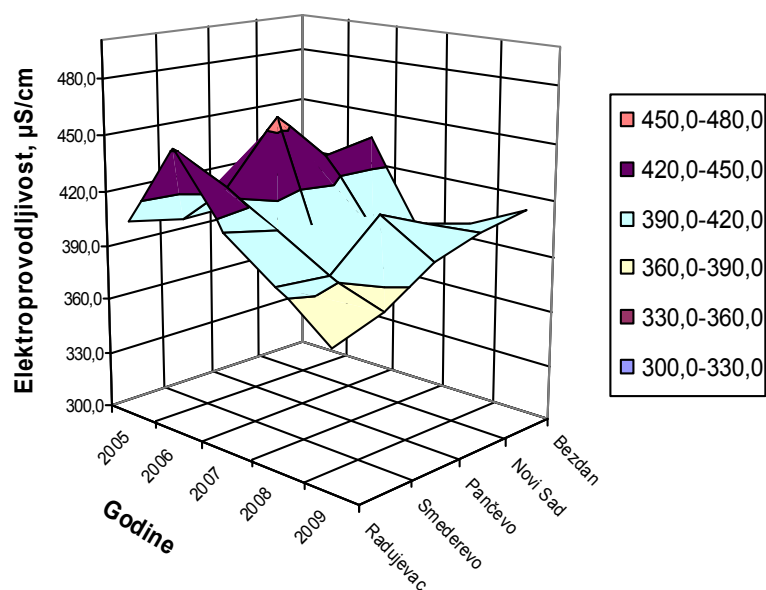


Slika 6.3. 3-D grafikon parametra pH vrednosti

Minimalna vrednost 7,7 zabeležena je na izlaznom profilu Radujevac u 2007. i 2009. godini, dok je maksimalna vrednost od 8,3 bila karakteristična za ulazni profil Bezdan u 2005. godini i 2009. godini. Posmatrano u vremenu, trend promene srednjih godišnjih vrednosti pH vrednosti vode nije značajnije varirao, ali je zato prostorno uočen evidentan opadajući trend od ulaznog ka izlaznom delu toka reke Dunav kroz Srbiju. (slika 6.3).

Tabela 6.3. Elektroprovodljivost na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

	Elektroprovodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Godina kontrole kvaliteta vode				
		2005	2006	2007	2008	2009
Merna stanica	Bezdan	380,8	435,3	386,0	397,2	411,8
	Novi Sad	373,3	430,6	393,5	404,6	406,3
	Pančevo	402,1	456,7	375,2	416,5	398,3
	Smederevo	400,8	424,3	407,8	391,8	381,6
	Radujevac	406,9	451,5	414,3	394,8	372,6

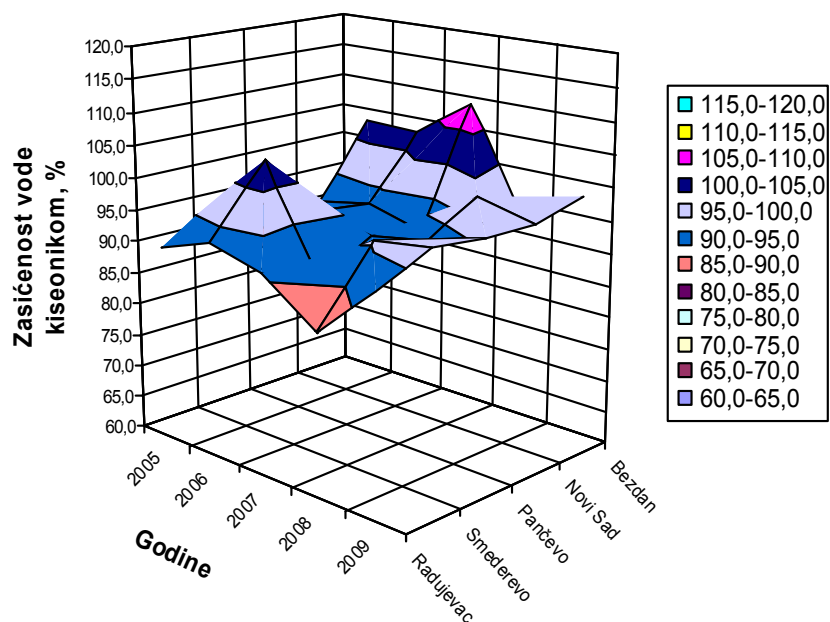


Slika 6.4. 3-D grafikon parametra elektroprovodljivosti

Kod elektroprovodljivosti je zapažen generalno opadajući trend od ulaznog ka izlaznom profilu, kao i opadajući trend u vremenu, od 2005. ka 2009. godini (slika 6.4.).

Tabela 6.4. Zasićenost vode kiseonikom na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

	Zasićenost vode kiseonikom (%)	Godina kontrole kvaliteta vode				
		2005	2006	2007	2008	2009
Stanica	Bezdan	103,0	102,5	108,9	92,3	97,7
	Novi Sad	90,9	92,8	90,2	97,8	95,7
	Pančevo	85,3	93,8	91,8	93,3	95,7
	Smederevo	90,8	10,8	87,6	95,6	96,8
	Radujevac	90,3	93,1	90,8	84,8	93,2

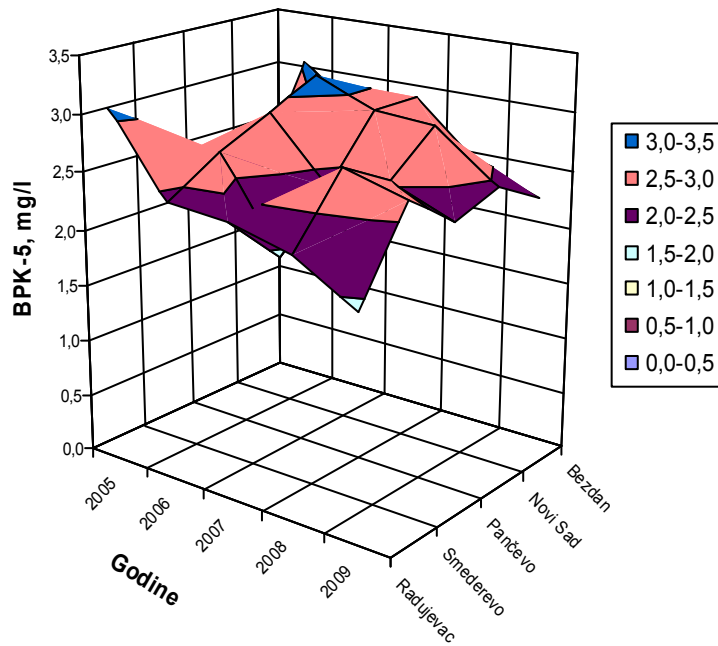


Slika 6.5. 3-D grafikon parametra zasićenost vode kiseonikom

Nikakav vidljiv trend nije moguće utvrditi za posmatrani parametar zasićenost vode kiseonikom, ni u prostoru, niti u vremenu (slika 6.5).

Tabela 6.5. Biološka potrošnja kiseonika BPK-5 na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

Biološka potrošnja kiseonika BPK-5 (mg/l)	Godina kontrole kvaliteta vode				
	2005	2006	2007	2008	2009
Bezdán	3,1	2,7	2,9	2,4	2,2
Novi Sad	2,2	3,1	2,9	2,9	2,5
Pančevo	2,1	2,9	2,4	2,5	2,3
Smederevo	2,5	2,7	1,9	2,8	2,6
Radujevac	3,1	2,4	2,4	2,2	1,9

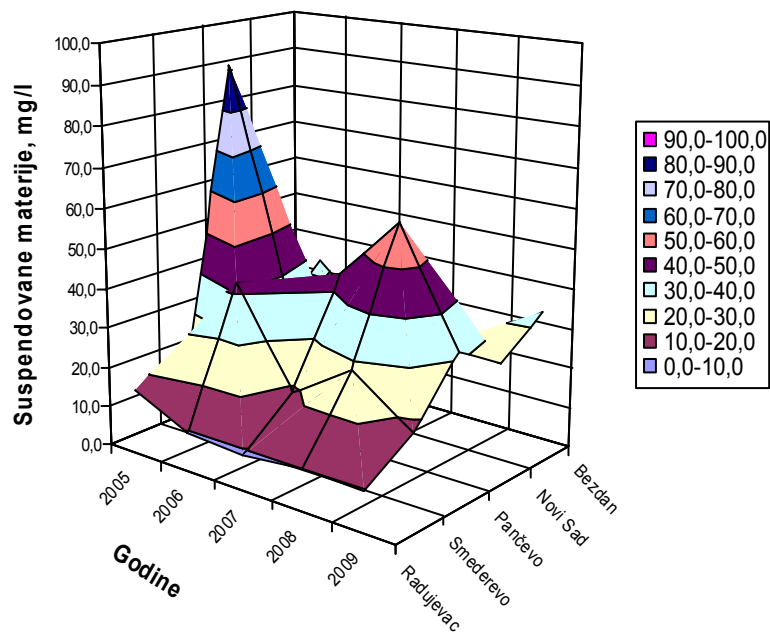


Slika 6.6. 3-D grafikon parametra BPK-5

Vrednosti parametra BPK-5 kreću su se u opsegu vrednosti od 2,3 mg/l do 2,6 mg/l duž čitavog toka reke kroz Srbiju, čemu je najverovatniji uzrok nepromenljiv sadržaj organskih polutanata u vodi.

Tabela 6.6. Suspendovane materije na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

Suspendovane materije (mg/l)	Godina kontrole kvaliteta vode				
	2005	2006	2007	2008	2009
Bezdan	33,0	15,9	25,9	21,1	32,4
Novi Sad	20,3	23,3	24,9	25,5	24,4
Pančevo	90,9	38,3	43,7	59,4	31,6
Smederevo	13,5	42,3	18,9	28,4	17,3
Radujevac	16,0	9,8	8,9	9,9	9,8

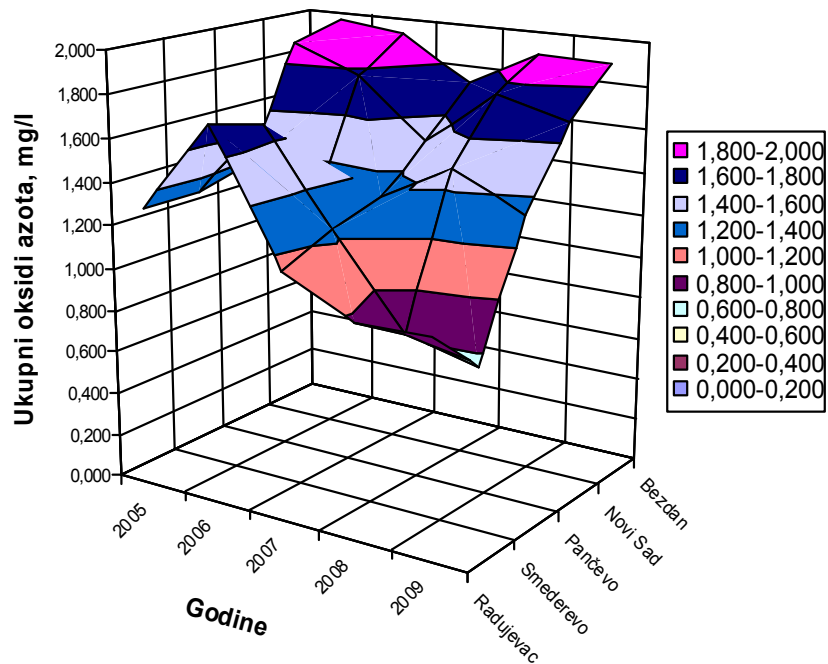


Slika 6.7. 3-D grafikon parametra suspendovane materije

Opadajući trend količine suspendovanih materija od Bezdana do Radujevca je evidentan, ali vremenski se ne može uočiti jasna tendencija.

Tabela 6.7. Ukupni oksidi azota na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

	Ukupni oksidi azota (mg/l)	Godina kontrole kvaliteta vode				
		2005	2006	2007	2008	2009
Stanica	Bezdán	1,963	1,923	1,725	1,895	1,891
	Novi Sad	1,902	1,773	1,503	1,769	1,675
	Pančevo	1,365	1,215	1,312	1,487	1,332
	Smederevo	1,305	1,667	1,240	0,825	0,748
	Radujevac	1,309	1,732	1,138	0,979	0,983

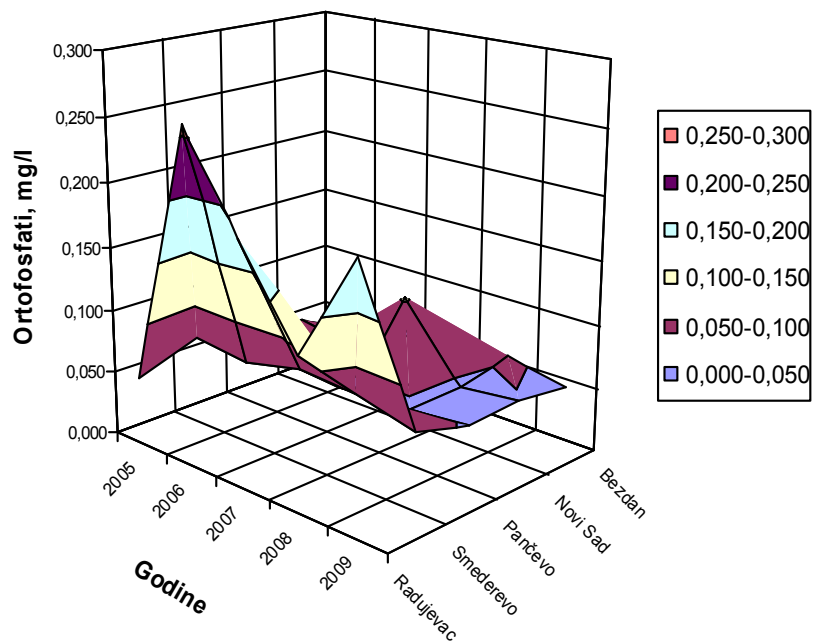


Slika 6.8. 3-D grafikon parametra ukupni oksidi azota

Promene u vrednosti ukupnih oksida azota u prostoru, kao i vremenu, pokazuju vidljiv opadajući trend. Prostorno posmatrano, najviše prosečne vrednosti zabeležene su na ulaznom profilu toka reke u Srbiju (Bezdán) koje se postepeno smanjuju prema izlaznom toku reke, da bi na izlaznom profilu (Radujevac) imale najniže vrednosti.

Tabela 6.8. Ortofosfati na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

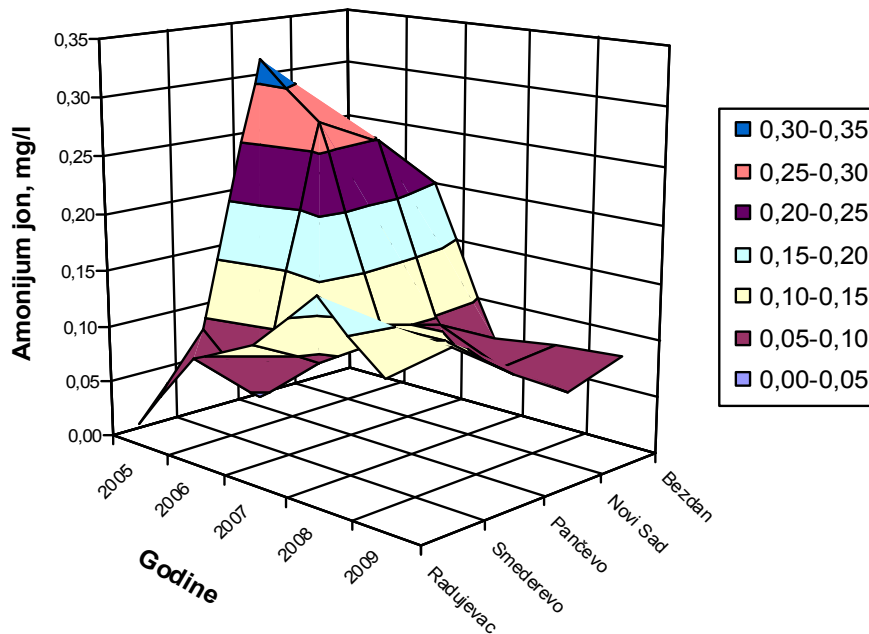
Ortofosfati (mg/l)	Godina kontrole kvaliteta vode				
	2005	2006	2007	2008	2009
Bezdán	0,029	0,042	0,037	0,053	0,044
Novi Sad	0,055	0,047	0,102	0,044	0,049
Pančevo	0,062	0,053	0,041	0,043	0,047
Smederevo	0,071	0,065	0,075	0,073	0,061
Radujevac	0,053	0,259	0,188	0,117	0,200



Slika 6.9. 3-D grafikon parametra ortofosfati

Tabela 6.9. Amonijum jon na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

Amonijum jon (mg/l)	Godina kontrole kvaliteta vode				
	2005	2006	2007	2008	2009
Bezdán	0,11	0,20	0,07	0,07	0,08
Novi Sad	0,26	0,25	0,09	0,07	0,06
Pančevo	0,32	0,27	0,11	0,11	0,09
Smederevo	0,09	0,04	0,09	0,12	0,13
Radujevac	0,02	0,09	0,12	0,17	0,12

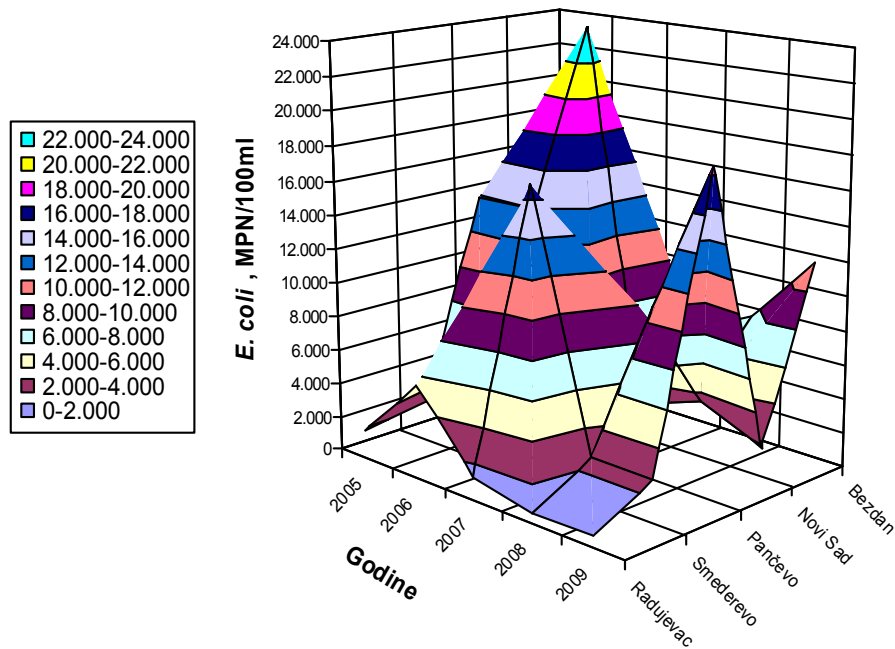


Slika 6.10. 3-D grafikon parametra amonijum jon

Značajno je napomenuti da, iako vrednosti ortofosfata i amonijuma ne ukazuju na statistički značajne trendove, slika 6.9 grafički oslikava značajan skok vrednosti ortofosfata (0,259 mg/l) na mernoj stanici Radujevac u 2006. godini. Takođe je sa slike 6.10 vidljiv i porast vrednosti amonijuma (0,32 mg/l) na mernoj stanici Pančevo, u 2005. godini.

Tabela 6.10. *E.coli* na odabranim mernim stanicama u periodu od 2005. do 2009. godine

<i>E.coli</i> (n/l)	Godina kontrole kvaliteta vode				
	2005	2006	2007	2008	2009
Bezdan	6.404	3.800	5.786	7.508	11.498
Novi Sad	9.967	24.000	2.100	3.370	1.727
Pančevo	13.900	13.900	3.800	9.300	18.525
Smederevo	2.400	2.400	16.800	2.400	2.400
Radujevac	1.768	5.492	1.372	567	636



Slika 6.11. 3-D grafikon parametra *E.coli*

Predstavnik koliformnih bakterija, parametar *E.coli*, ne pokazuje statistički značajan trend u prostoru, ni vremenu. Ipak, uočen je porast prosečnih vrednosti (13.900 n/1l) na mernoj stanici Pančevo, u 2005. godini, kao i na mernoj stanici Novi Sad, u 2006. godini (24.000 n/1l).

6.1.2. Trend promene kvaliteta vode Dunava u posmatranom periodu

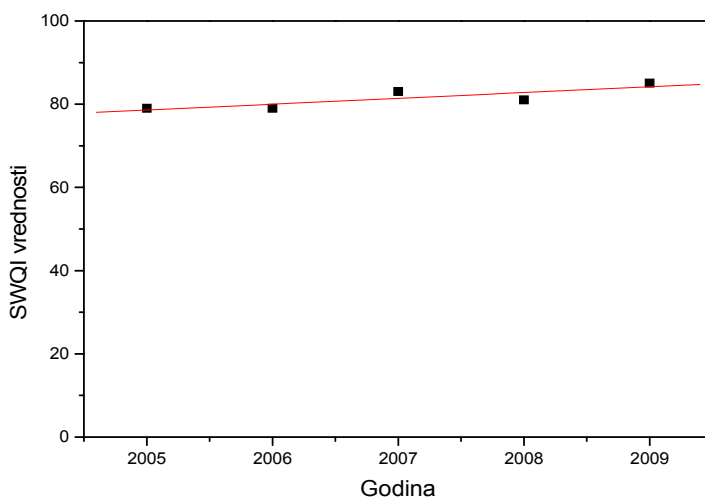
Zakovitost promene kvaliteta vode Dunava dobija se analizom prikazanih vrednosti SWQI indeksnih poena u tabeli 6.11 za period od 2005. do 2009. godine.

Grafički, varijacije SWQI vrednosti empirijske serije izražavaju se linijom trenda, koja treba da prikaže prosečno kretanje kvaliteta vode na duži vremenski period. Na slici 6.12 data je empirijska vremenska serija SWQI vrednosti i linearni fit sa srednjim trendom kvaliteta od 81,4 i apsolutnim rastom u proseku +1,4 SWQI indeksnih poena kvaliteta vode reke Dunav svake godine za analizirani period.

Tabela 6.11. SWQI kvalitet vode reke Dunav za period od 2005. do 2009. godine

Parametar (jedinica mere)	2005	2006	2007	2008	2009
Temperatura vode (°C)	13,4	13,5	14,4	14,0	14,2
pH vrednost	8,1	8,0	7,9	8,0	8,1
Elektroprovodljivost (µS/cm)	392,8	439,7	395,4	401,0	394,1
Zasićenost vode kiseonikom (%)	92,1	97,2	93,9	92,8	95,8
BPK-5 (mg/l)	2,6	2,8	2,5	2,6	2,3
Suspendovane materije (mg/l)	34,7	25,9	24,5	28,9	23,1
Ukupni oksidi azota (mg/l)	1,569	1,662	1,384	1,391	1,326
Ortofosfati (mg/l)	0,054	0,093	0,089	0,066	0,080
Amonijum (mg/l)	0,17	0,17	0,10	0,11	0,10
<i>E. coli</i> (u 100ml)	6.888	9.918	5.972	4.629	6.957
SWQI	79	79	83	81	85

Kvalitet Dunava određen medijanom uređenog niza srednjih vrednosti SWQI na mernim profilima kroz Srbiju, na petogodišnjem nivou, pokazuje poboljšanje kvaliteta vode

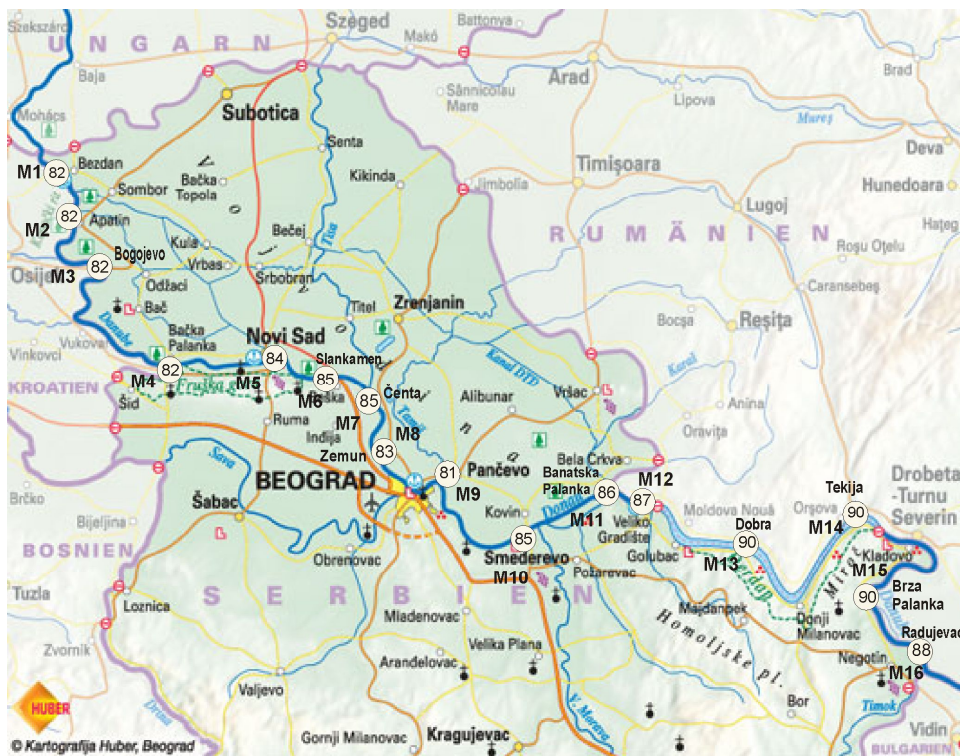


Slika 6.12. Linearni trend promene kvaliteta vode reke Dunav izražen metodom SWQI

6.1.3. Određivanje korelacionih zavisnosti kriterijuma kvaliteta vode

Dunava

Kvalitet vode na mernim stanicama reke Dunav za 2009. godinu, izražen vrednostima parametara SWQI indeksa kvaliteta, koji svojim zajedničkim učinkom sumiraju kvalitet vode Dunava, prikazan je u tabeli 6.12. Na osnovu rezultata analiza uzorkovanih jednom mesečno izračunata je srednja vrednost odgovarajućih SWQI parametara kvaliteta vode za svako merno mesto na godišnjem nivou i iz medijane niza SWQI indeksa svih stanica sveobuhvatni SWQI indeks kvaliteta vode Dunava. Mapa mernih mesta na toku Dunava kroz Srbiju, sa izračunatim vrednostima SWQI indeksa, prikazana je na slici 6.13.



Slika 6.13. Karta profila na kojima je vršeno ispitivanje kvaliteta vode Dunava sa vrednostima SWQI indeksa za 2009.godinu

Na osnovu rezultata analiza RHMZ Srbije za 2009. godinu (pojedinačne vrednosti parametara) može se konstatovati da kvalitet vode reke Dunava, na svim kontrolnim profilima, nije odgovarao uslovima zahtevane II klase kvaliteta vode. Preciznije, duž toka ovog recipijenta na potezu Bezdan-Slankamen, karakteristična je pojava supersaturacije kiseonikom (III klasa i VK stanje), kao i pojava povišenih vrednosti BPK-5 (III) u pojedinim merenjima na profilu Bezdan, Apatin i Slankamen.

Na ovom delu toka, pH vrednost vode kretala se u opsegu od 7,8 do 8,7 tako da je povremeno odgovarala III klasi kvaliteta vode. Vrednosti suspendovanih materija su se često kretale u granicama III klase kvaliteta vode.

Od opasnih i štetnih materija na profilima Beograd-Vinča, Smederevo i Banatska Palanka izmerene su povećane vrednosti fenolnog indeksa (III/IV). Na profilima je povremeno registrovana povišena koncentracija gvožđa- Fe i samo na profilu Bačka Palanka u jednom merenju povišena koncentracija mangana-Mn, bakra-Cu (VK stanje) i cinka-Zn (III/IV). Na profilu Bogojevo u jednom slučaju registrovane su povišene koncentracije hroma-Cr i bakra-Cu (VK-stanje) i koncentracija cinka-Zn (III/IV i VK stanje).

Na potezu Zemun-Radujevac, tokom uzorkovanja uočena je promena organoleptičkih pokazatelja, odnosno boja vode na profilu Dobra i Tekija u jednoj seriji ispitivanja odgovarala je III klasi kvaliteta voda. U pojedinim serijama merenja na profilima Veliko Gradište, Dobra, Tekija, Brza Palanka i Radujevac procenat zasićenja vode kiseonikom je pripadao IV klasi kvaliteta i VK stanju.

Povišene vrednosti BPK-5 i suspendovanih materija na profilima Zemun i Pančevo su povremeno odgovarale III klasi kvaliteta voda. Povišena vrednost naftnih ugljovodonika (III/IV) zabeležena je na jednom merenju na profilu Radujevac. Saprobiološka ispitivanja kvaliteta vode reke Dunav, na posmatranim profilima, ukazuju na prisustvo umerenog organskog zagađenja. U vodotoku dominiraju bioindikator β i α -mezosaprobne zone. U svim periodima ispitivanja karakteristična je dominacija centričnih silikatnih algi, dok je u letnjem periodu uočeno i značajno prisustvo zelenih algi. Dobijene vrednosti indeksa saprobnosti odgovarale su, prema kategorizaciji, drugoj klasi kvaliteta voda. Odstupanje od druge klase prisutno je samo u jednom ispitivanju, u jesenjem periodu, na profilu Banatska Palanka kada je konstatovano povećano organsko zagađenje a kvalitet odgovarao II/III klasi.

Trenutno prekoračenje pojedinih parametara kvaliteta vode svrstava vodu u nižu klasu i kao takav nije realan pokazatelj stvarnog kvaliteta vode. Raspoloživi podaci ukazuju na veliku disproporciju između zakonom zahtevanog i stvarnog stanja kvaliteta vode reke Dunav, tj. posmatrajući pojedinačne pokazatelje kvaliteta vode, klasa vode varira, što ukazuje na to da nije izvršena sveobuhvatna ocena kvaliteta vode, na osnovu njihovog zbirnog učinka.

Izračunate vrednosti SWQI za 16 mernih mesta u 2009. godini (tabela 6.12) pokazuju da je kvalitet Dunava duž toka bio u rasponu od 82 do 90 što odgovara opisnim indikatorima „dobar”, „veoma dobar” i „odličan”. Na ulaznom profilu Bezdani vrednost indeksa SWQI iznosio je 82, a na izlaznom profilu Radujevac 88. Najveća vrednost SWQI=90 je sračunata na profilima Dobra, Tekija i Brza Palanka, dok je najniži indeks iznosio 81, na mernom mestu Pančevo nizvodno od Beograda.

Prema zakonskoj regulativi Srbije, primenom Uredbe o klasifikaciji voda, utvrđena je II i III klasa kvaliteta vode Dunava duž toka kroz Srbiju za 2009. godinu, što je donekle zadovoljavajući stepen saglasnosti u odnosu na broj indeksnih poena SWQI metode na pojedinim profilima ali ne i realan pokazatelj stvarnog kvaliteta vode. Sveobuhvatni kvalitet vode Dunava, određen medijanom uređenog niza srednjih vrednosti, iznosi SWQI= 85 (tabela 6.12) za posmatrani jednogodišnji period, odgovara II klasi, odnosno opisnom indikatoru „veoma dobra” voda i zadovoljava zahtevani kvalitet površinske vode.

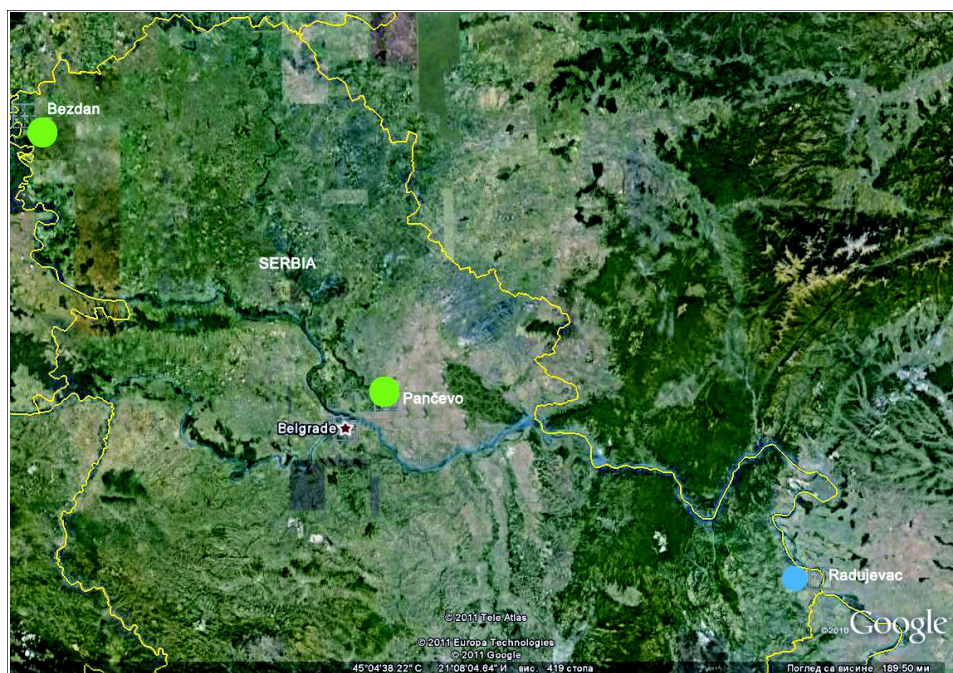
Tabela 6.12. Kvalitet vode na mernim stanicama reke Dunav za 2009. godinu

	1 Bezdan	2 Apatin	3 Bogojevo	4 Bačka Palanka	5 Novi Sad	6 Slankamen	7 Čenta	8 Zemun	9 Pančevo	10 Smederevo	11 Banatska Palanka	12 Veliko Gradište	13 Dobra	14 Tekija	15 Brza Palanka	16 Radujevac
Temperatura (°C)	13,2	15,9	13,2	14,1	13,7	13,9	14,1	14,0	14,6	14,9	14,5	14,6	14,1	15,5	14,5	15,5
pH	8,3	8,4	8,3	8,2	8,3	8,3	8,3	7,8	8,2	7,8	7,9	7,7	7,9	7,8	7,8	7,7
Elektroprovodljivost (μS/cm)	411,8	401,7	411,0	401,3	398,5	393,3	393,5	392,9	398,3	381,6	379,9	377,7	370,0	369,6	370,6	372,6
Zasićenost O ₂ (%)	97,7	100,9	100,3	92,5	96,0	97,5	98,6	94,2	95,7	96,7	88,7	91,3	101,4	93,6	94,8	93,2
BPK-5 (mg/l)	2,2	2,5	2,3	2,0	2,5	2,3	2,2	3,1	2,3	2,6	1,5	1,7	1,7	1,8	1,5	1,9
Suspendovane materije (mg/l)	32,4	27,1	31,9	24,9	23,3	25,8	20,5	21,8	31,6	17,3	28,8	13,2	10,8	8,8	9,3	9,8
Ukupni oksidi azota (mg/l)	1,891	1,713	1,789	1,619	1,574	1,652	1,666	0,751	1,332	0,748	1,364	0,905	0,864	0,791	0,934	0,983
Ortofosfati (mg/l)	0,044	0,046	0,038	0,040	0,047	0,040	0,041	0,073	0,047	0,061	0,049	0,058	0,054	0,044	0,056	0,200
Amonijum (mg/l)	0,08	0,04	0,09	0,07	0,06	0,07	0,07	0,11	0,09	0,13	0,15	0,09	0,08	0,07	0,10	0,12
<i>E. coli</i> (u 100 ml)	11.498	10.30	11.350	13.900	1.727	1.200	/	2.400	18.525	2.400	6.848	7.360	7.050	12.425	6.230	636
SWQI	82	82	82	82	84	85	85	83	81	85	86	87	90	90	90	88
SWQI srednja vrednost	85															

6.1.4. Procena eko-hemijskog statusa Dunava u Srbiji u funkciji parametara indeksa kvaliteta vode

Eko-hemijski status Dunava je predmet konstantnog interesovanja, kako na lokalnom nivou – u svakoj zemlji kroz koju Dunav protiče, tako i na međunarodnom nivou.

Za potrebe utvrđivanja eko-hemijskog statusa Dunava, odabrane su tri reprezentativne merne stanice (profili) duž toka reke kroz Srbiju, i to: Bezdán (kao ulazni profil), Pančevo (kao profil na srednjem delu toka) i Radujevac (kao izlazni profil) (slika 6.14).



Slika 6.14. Mapa odabranih lokacija sa indikatorima kvaliteta vode označenim bojama

Za svako merno mesto prikazana je u tabeli 6.13. prethodno izračunata SWQI vrednost, kao i srednja SWQI vrednost za sva tri merna mesta.

Tabela 6.13. SWQI kvalitet vode na odabranim mernim stanicama reke Dunav za 2009. godinu

Parameters (unit)	1. Bezdan	2. Pančevo	3. Radujevac
Temperatura (°C)	13,2	14,6	15,5
pH	8,3	8,2	7,7
El. provodljivost (µS/cm)	411,8	398,3	372,6
Zasićenost O ₂ (%)	97,7	95,7	93,2
BPK-5 (mg/l)	2,2	2,3	1,9
Suspendovane materije (mg/l)	32,4	31,6	9,8
Ukupni oksidi azota (mg/l)	1,891	1,332	0,983
Ortofosfati (mg/l)	0,044	0,047	0,200
Amonijum (mg/l)	0,08	0,09	0,12
E. coli (u 100ml)	11.498	18.525	636
SWQI	82	81	88
SWQI srednja vrednost	83.6		

Izračunate SWQI vrednosti za odabrana merna mesta u 2009. godini (tabela 6.13.) pokazuju da je kvalitet Dunava duž toka, bio u rasponu od 82 do 88 što odgovara opisnim indikatorima „dobra” i „veoma dobra” voda. Na ulaznom profilu Bezdan vrednost indeksa SWQI iznosio je 82, a na izlaznom profilu Radujevac 88, dok je najniži indeks bio 81 na mernom mestu Pančevo nizvodno od Beograda. Sveobuhvatni kvalitet vode Dunava na teritoriji Srbije, određen medijanom uređenog niza srednjih vrednosti indeksa, iznosi SWQI = 83,6 za posmatrani jednogodišnji period, i odgovara opisnom indikatoru „veoma dobra“ voda.

Procena eko-hemijskog statusa vode zasniva se na komparativnoj analizi rezultata, odnosno, minimalne, maksimalne i vrednosti medijane seta odabranih parametara indeksa kvaliteta vode sa standardnim vrednostima parametara utvrđenih od strane EU Direktive 75/440/EEC, kao zahtevani kvalitet površinske vode namenjene za zahvatanje za vodu za piće u državama članicama (tabela 6.14).

Tabela 6.14. Poređenje sa graničnim vrednostima datim Direktivom 75/440/EEC

	Temperatura (°C)	pH	El. provodljivost (µS/cm)	Zasićenost O ₂ (%)	BPK-5 (mg/l)	Suspendovane materije (mg/l)	Ukupni oksidi azota (mg/l)	Ortofosfati (mg/l)	Amonijum (mg/l)	<i>E.coli</i> (n/1l)
Dunav, ulazni profil - merna stanica Bezdán										
min	3,2	8,0	334	79	1,0	6	1,091	<0,010	0,03	500
max	22,4	8,7	518	130	4,5	54	3,433	0,067	0,17	24.000
medium	13,2	8,3	411,8	97,7	2,2	32,4	1,891	0,044	0,08	11.498
Dunav, srednji deo toka – merna stanica Pančevo										
min	3,3	7,9	340	82	1,1	8	0,721	0,013	0,02	2.100
max	24,2	8,6	465	128	4,2	78	1,922	0,070	0,16	24.000
medium	14,6	8,2	398,3	95,7	2,3	31,6	1,332	0,047	0,09	18.525
Dunav, izlazni profil – merna stanica Radujevac										
min	3,9	7,1	248	74	1,5	2	0,228	0,053	0,02	<200
max	25,3	8,1	428	132	3,2	30	1,618	0,550	0,57	<2.000
medium	15,5	7,7	372,6	93,2	1,9	9,8	0,983	0,200	0,12	636
EU Direktiva 75/440/EEC, zahtevane vrednosti										
A1	22	6,5-8,5	1.000	>70	<3	25	1	0,4	0,05	20
A2	22	5,5-9	1.000	>50	<5	-	2	0,7	1	2.000
A3	22	5,5-9	1.000	>30	<7	-	3	0,7	2	20.000

Temperatura vode Dunava kreće se u zimsko- letnjem periodu u intervalu od 3,2 °C do 25,3 °C, što ne predstavlja ekstremne promene ovog parametra kao uslov opstanka vodenog života, tako da je prosečna vrednost niža od dozvoljene za rečnu vodu kategorije A1 date od strane EU Directive 75/440/EEC (videti tabelu 6.14).

Dunav ima pH vrednost vode od slabo bazne (7,1 – min, Radujevac) do slabo kisele (8,7 - max, Bezdán) što je uobičajeno za vode reka. Vrednost pH određuje rastvorljivost i biološku raspoloživost hemijskih jedinjenja azota, fosfora, ugljenika i teških metala. Vode jako kiselog karaktera deluju štetno na organizme u akvatičnom ekosistemu. Prosečna pH vrednost određuje meru kiselosti vode koja ukazuje na nivo organskog zagađenja, ali se nalazi u granicama dozvoljenih vrednosti kategorije A1.

Vrednosti za elektrolitičku provodljivost pokazuju malu koncentraciju prisutnih jona u vodi, u opsegu od 248 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (min, Radujevac) do 518 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (max, Bezdán) i manje su od dozvoljenih za rečnu vodu kategorije A1.

Nizak nivo zasićenosti vode kiseonikom znak je mogućeg zagađenja što za vodu Dunava nije slučaj jer je vrednost na svim mernim mestima veća od 70 % kao granične vrednosti kategorije A1 i mere održavanja života u vodi.

Rezultati određivanja BPK-5 na mernim stanicama Bezdán i Pančevo ukazuju na prisutnu količinu biorazgradivih organskih materija i svrstavaju vodu u kategoriju A2, dok vrednost 1,9 mg/l kod Radujevca ukazuje na opadajući trend biološke potrošnje kiseonika i poboljšanje kvaliteta vode.

Suspendovane materije podrazumevaju sadržaj organskih i neorganskih zagađivača u vodi i najzastupljenije su kod Pančeva (78 mg/l) sa očiglednom tendencijom smanjenja do izlaznog profila Dunava (30 mg/l) ali ipak nedozvoljeno višim od kategorije A1.

Vrednosti ukupnih oksida azota i ortofosfata kao indikatora prisutnog zagađenja hemijske industrije su međusobno u saglasnosti pokazujući negativni trend ka izlaznom profilu reke i neznatno odstupanje od kategorije A1. Fosfor se smatra najkritičnijim faktorom rasta u vodama jer rastvorene fosfate usvajaju biljke i predaju životinjama putem lanca ishrane. Povećanje koncentracije fosfata iznad prirodno prisutnog nivoa dododi do eutrofikacije, koja narušava strukturu prirodnog akvatičnog ekosistema, kao i do gubitka biodiverziteta.

Amonijum jon znatno odstupa od granica dozvoljenih vrednosti koncentracija kategorije A1, ali zbog blago kiselog karaktera vode Dunava ostaje u okviru kategorije A2. Prisutne koliformne bakterije indikator su najveće sanitarne kontaminacije vode kod Pančeva svrstavajući je u kategoriju A3; međutim, imaju izrazito smanjene

vrednosti na izlaznom toku Dunava iz Srbije. Analiza rezultata pokazuje primetno bolji kvalitet vode na izlaznom u odnosu na ulazni profil Dunava u Srbiju.

Prezentovano istraživanje pokazuje da se primenom SWQI metode i komparacijom sa standardnim vrednostima utvrđenim od strane Direktive 75/440/EEC kao zahtevani kvalitet površinske vode namenjene za zahvatanje za vodu za piće u državama članicama, može dobiti sveobuhvatna ocena stanja kvaliteta vode i procena eko-hemijskog statusa Dunava u Srbiji (Takić i dr., 2012). Sveobuhvatni kvalitet vode Dunava na teritoriji Srbije odgovara opisnom indikatoru „veoma dobra“ voda i zadovoljava kategoriju A1 EU Direktive 75/440/EEC za posmatrani jednogodišnji period.

6.2. Primena višekriterijumske analize kvaliteta vode Dunava u Srbiji u funkciji parametara SWQI metode

Kvalitet vode zavisi od brojnih fizičko-hemijskih parametara zbog čega je, za validnu analizu rangiranja kvaliteta vode, neophodan multivarijantni pristup i višekriterijumske metode projektovanja koje olakšavaju sistematsku interpretaciju rezultata (Ayoko i dr., 2007; Milanović i dr., 2010). U ovom delu, za rangiranje lokacija na Dunavu prema kvalitetu vode, primenjena je metoda višekriterijumskog odlučivanja, PROMETHEE/GAIA metoda, koja je korišćena u brojnim radovima koji se bave analiziranjem problema zagađenja životne sredine (Mutikanga i dr., 2011; Nikolić i dr., 2010; Khalil i dr., 2004; Raju i dr., 2000) i koja se pokazala kao dosta pouzdana i jednostavna za primenu.

Srednje godišnje vrednosti deset parametara kvaliteta vode Dunava, na sedamnaest lokacija (slika 6.1) duž toka reke u 2009. godini prikazani su tabelom 6.15.

Pri rangiranju mernih mesta prema kvalitetu uzoraka, kao korisni parametar korišćen je parametar zasićenost vode kiseonikom (Zasićenost O₂) jer veća zasićenost vode kiseonikom doprinosi boljem kvalitetu vode pa njegov sadržaj u vodi treba da bude što veći (max), dok je za ostale parametre potrebno da budu sa što manjim udelom (min) da bi kvalitet vode bio bolji.

S obzirom da su podaci u tabeli 6.15 kvantitativnog karaktera, za funkciju preferencije odabrana je linearna funkcija, za sve definisane kriterijume, sa pragovima indiferencije i preferencije (Q i P) u zonama 5% i 30%, respektivno.

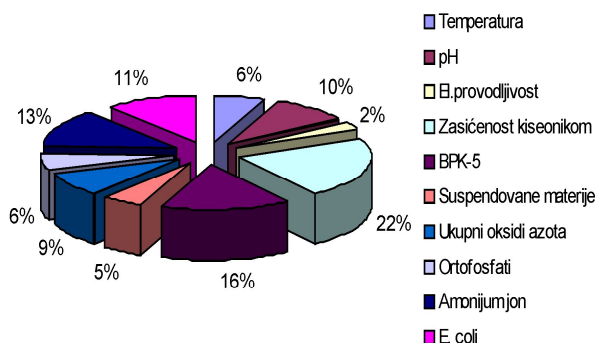
Tabela 6.15. Scenario rangiranih uzoraka vode po mernim mestima

	pH	Temperatura	Elektro- provodljivost	Zasićenost O ₂	Suspendovane materije	BPK-5	Ukupni NO ₂	Ortofosfati	Amonijum jon	<i>E.coli</i>
Max/min	Min	Min	Min	Max	Min	Min	Min	Min	Min	Min
Funkcija preferencije	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Prag indiferencije (Q)	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
Prag preferencije (P)	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Jedinica mere	-	°C	µS/cm	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	u 100 ml
L1	8,3	13,2	411,8	97,7	32,4	2,2	1,891	0,044	0,08	11.498
L2	8,4	15,9	401,7	100,9	27,1	2,5	1,713	0,046	0,04	10.300
L3	8,3	13,2	411,0	100,3	31,9	2,3	1,789	0,038	0,09	11.350
L4	8,2	14,1	401,3	92,5	24,9	2,0	1,619	0,040	0,07	13.900
L5	8,3	13,7	398,5	96,0	23,3	2,5	1,574	0,047	0,06	1.727
L6	8,3	13,9	393,3	97,5	25,8	2,3	1,652	0,040	0,07	1.200
L7	8,3	14,1	393,5	98,6	20,5	2,2	1,666	0,041	0,07	0.0
L8	7,8	14,0	392,9	94,2	21,8	3,1	0,751	0,073	0,11	2.400
L9	8,2	14,6	398,3	95,7	31,6	2,3	1,332	0,047	0,09	18.525
L10	7,8	15,0	375,0	98,7	18,4	2,5	0,680	0,061	0,13	2.400
L11	7,8	14,9	381,6	96,7	17,3	2,6	0,748	0,061	0,13	2.400
L12	7,9	14,5	379,9	88,7	28,8	1,5	1,364	0,049	0,15	6.848
L13	7,7	14,6	377,7	91,3	13,2	1,7	0,905	0,058	0,09	7.360
L14	7,9	14,1	370,0	101,4	10,8	1,7	0,864	0,054	0,08	7.050
L15	7,8	15,5	369,6	93,6	8,8	1,8	0,791	0,044	0,07	12.425
L16	7,8	14,5	370,6	94,8	9,3	1,5	0,934	0,056	0,10	6.230
L17	7,7	15,5	372,6	93,2	9,8	1,9	0,983	0,200	0,12	636

Za definisanje težinskih kriterijuma, uzeta je u obzir činjenica da svi parametri nisu iste značajnosti, tj. nemaju svi isti uticaj na kvalitet vode, pa je u te svrhe poslužio udeo SWQI indeksa svakog pojedinačnog parametra u ukupnom indeksu kvaliteta vode za 2009. godinu koji je detaljnije obrađen u prethodnom delu.

Procentualni udeo vrednosti svakog pojedinačnog parametra predstavlja kvantitativni udeo pojedinačnog parametra u prosečnoj godišnjoj vrednosti SWQI indeksa za 2009. godinu. Može se zaključiti da je parameter sa najvećim udelom vrednosti zasićenost vode kiseonikom (22 %), a odmah iza njega su parametri BPK-5 (16 %), amonijum jon (13 %), *E.coli* (11 %), pH (10 %), ukupni oksidi azota (9 %), zatim ortofosfati i temperatura (oba sa po 6 % udela), suspendovane materije (5 %) i elektrolitička provodljivost (2 %).

Parametri kvaliteta vode	Težinski udeo
Temperatura	6
pH	10
El. provodljivost	2
Zasićenost O ₂	22
Suspendovane materije	5
BPK-5	16
Ukupni oksidi azota	9
Ortofosfati	6
Amonijum jon	13
<i>E. coli</i>	11
Σ =	100



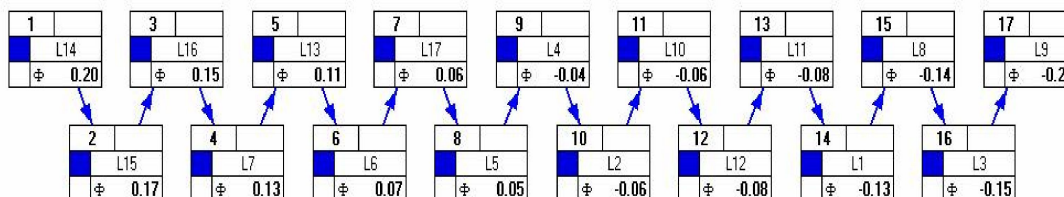
Slika 6.15. Dodeljeni težinski koeficijenti

Za definisan scenario izvršeno je PROMETHEE rangiranje, uz pomoć softverskog paketa Decision Lab 2000. Na osnovu podataka iz tabele 6.15 i slike 6.15 dobijene su vrednosti pozitivnih (Φ^+) i negativnih (Φ^-) tokova preferencije, što je prikazano u tabeli 6.16.

Tabela 6.16. Mrežni tokovi preferencija za definisani Scenario

Merna mesta	Φ^+	Φ^-	Φ
L1	0,1209	0,2550	-0,1341
L2	0,1943	0,2510	-0,0567
L3	0,1238	0,2691	-0,1454
L4	0,1704	0,2121	-0,0418
L5	0,2332	0,1812	0,0520
L6	0,2296	0,1558	0,0739
L7	0,2630	0,1281	0,1349
L8	0,1714	0,3132	-0,1418
L9	0,0973	0,2932	-0,1959
L10	0,1906	0,2515	-0,0609
L11	0,1772	0,2612	-0,0840
L12	0,2078	0,2852	-0,0774
L13	0,2727	0,1673	0,1054
L14	0,3109	0,1130	0,1978
L15	0,2871	0,1194	0,1677
L16	0,3012	0,1550	0,1462
L17	0,2681	0,2081	0,0600

PROMETHEE II je izvršio kompletno rangiranje mernih mesta od najbolje do najlošije opcije za zadate kriterijume, za definisan scenario (slika 6.16). Rezultati pokazuju da je najmanje zagađeno merno mesto, sa najboljim kvalitetom vode Dobra (L14), dok je najviše zagađeno merno mesto, sa najlošijim kvalitetom vode Pančevo (L9), što je u saglasnosti sa rezultatima dobijenim pomoću SWQI metode u prethodnom istraživanju (Mladenović-Ranisavljević i dr., 2012a; Takić i dr, 2012).



Slika 6.16. PROMETHEE II kompletno rangiranje alternativa

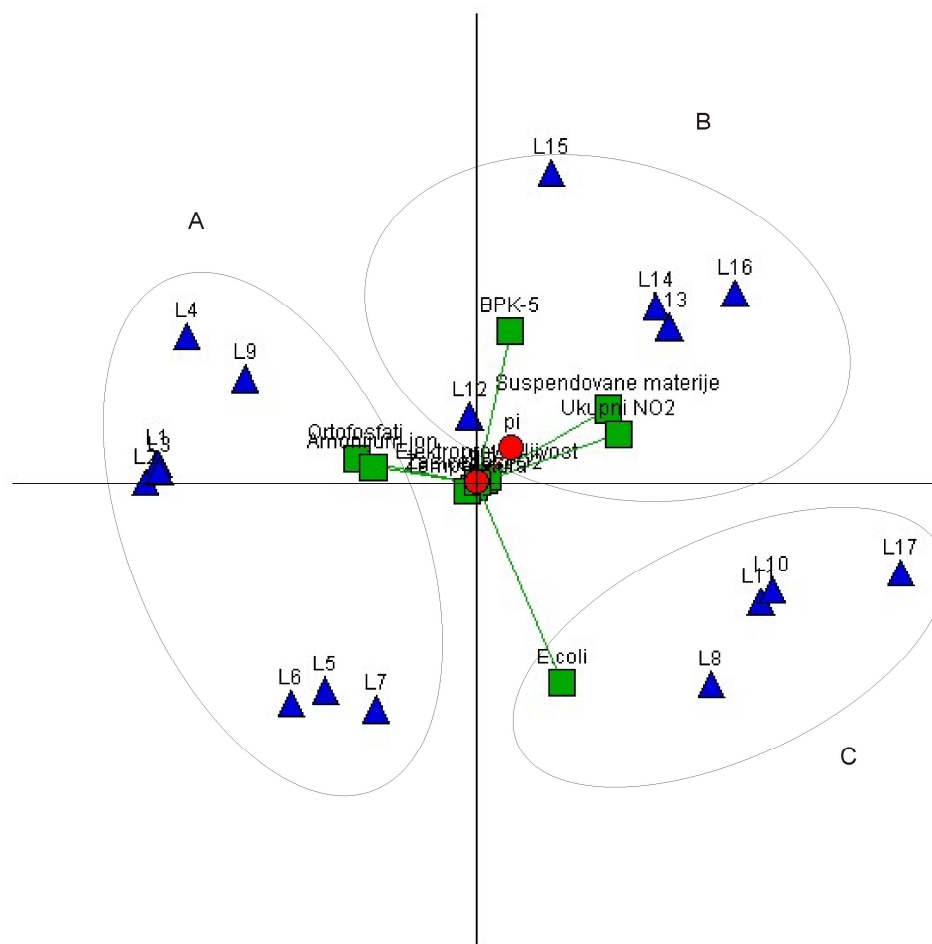
Da bi se odredila robustnost preferentnih relacija, izvršena je analiza stabilnosti intervala, prikazana u tabeli 6.17. Ovom analizom dobijeni su intervali stabilnosti za svaki kriterijum, koji definišu u kojim granicama može da se kreće vrednost težinskog koeficijenta određenog kriterijuma, a da to nema uticaja na dobijeni rezultat PROMETHEE II rangiranja, pri čemu se mora usvojiti činjenica da se promena težine sme vršiti samo po jednom kriterijumu, dok relativne težine ostalih kriterijuma ostaju iste. Na osnovu dobijenih intervala stabilnosti može se zaključiti da se konačni redosled rangiranja ne menja kada težinski koeficijenti variraju u prikazanim granicama.

Tabela 6.17. Težinski intervali stabilnosti za referentni scenario

	Težinski koeficijent	Interval		% Interval	
		Min	Max	Min	Max
pH	10,0	1,5992	16,3149	1,75%	15,35%
Elektroprovodljivost	2,0	0,0000	8,3114	0,00%	7,82%
Zasićenost O₂	22,0	13,2178	25,9086	14,49%	24,93%
Suspendovane materije	5,0	4,4737	5,6281	4,50%	5,59%
BOD-5	16,0	15,4788	16,5736	15,56%	16,48%
Ukupni NO₂	9,0	8,7325	9,3006	8,76%	9,27%
Ortofosfati	6,0	5,4085	6,2549	5,44%	6,24%
Amonijum jon	13,0	12,7597	13,6001	12,79%	13,52%
Temperatura	6,0	0,0000	8,8586	0,00%	8,61%
<i>E. coli</i>	11,0	10,6365	11,4685	10,68%	11,42%

Kao što je već napomenuto ranije, precizniji pregled rezultata analize može se dobiti preko GAIA ravni. Na osnovu GAIA ravni moguće je utvrditi diskriminacionu snagu svakog kriterijuma, aspekte saglasnosti i nesaglasnosti, kao i kvalitet svake alternative po svakom kriterijumu. S obzirom da je vrednost Δ zadovoljavajuća ($\Delta=71,05\%$), rezultati upotrebe ovog alata mogu se smatrati validnim. Δ zapravo predstavlja meru količine informacija koje su sačuvane datim modelom, što znači da je ovom prezentacijom rezultata izgubljeno samo 28,95% informacija.

Alternative u GAIA prezentaciji rezultata su predstavljene trouglovima, a kriterijumi osama sa kvadratnim završetkom. Ekscentričnost pozicije kvadrata kriterijuma predstavlja jačinu uticaja tog kriterijuma, dok je saglasnost između pojedinih kriterijuma definisana približno istim usmerenjem osa tih kriterijuma. Tako je, za definisani Scenario (slika 6.17), moguće utvrditi saglasnost između posmatranih parametara. Takođe i pozicije alternativa (trouglovi) određuju jačinu, ili slabost alternative u odnosu na kriterijume. Ukoliko je bliža usmerenju ose pojedinog kriterijuma, utoliko je i sama alternativa bolja po tom kriterijumu (Nikolić et al. 2010, Brans et al., 1986).



Slika 6.17. GAIA ravan za definisani Scenario

U okviru jasno izdvojene grupacije lokacija na slici 6.17. (Klaster A) nalaze se lokacije sa najvećim procentima štetnih materija u vodi: Pančevo, Bačka Palanka, Bogojevo, Apatin, Bezdan, kao i Novi Sad, Slankamen i Čenta (L9, L4, L3, L2, L1, kao i L5, L6 i L7). Ove alternative su usmerene suprotno štapu odluke *pi* koji definiše kompromisno rešenje u skladu sa zadatima težinama kriterijuma. Dunav ima povišeni nivo ovih parametara kvaliteta vode (BPK-5, ukupnih oksida azota i suspendovanih materija) na lokacijama Pančevo, Bačka Palanka, Bogojevo, Apatin, Bezdan (L9, L4, L3, L2, L1), ali i na lokacijama Novi Sad, Slankamen i Čenta (L5, L6 i L7), dok je nivo amonijum jona i ortofosfata na ovim lokacijama niži.

Za razliku od njih, lokacije u okviru Klastera B (videti sliku 6.17.) su dobre po većem broju kriterijuma (parametara kvaliteta vode), a najbolje alternative su one koje su po scenariju najbliže štapu odluke i to su redom lokacije Dobra, Veliko Gradište, Tekija, Brza Palanka i Banatska Palanka (L14, L13, L15, L16 i L12). Ove lokacije imaju vodu sa najmanjim sadržajem BPK-5, ukupnih oksida azota i suspendovanih materija i najboljim kvalitetom vode prema rezultatima analize GAIA ravni.

Klaster C (L8, L10, L11, L17) predstavlja lokacije sa najnižim koncentracijama *E. coli* kao reprezentativnog mikro-biološkog pokazatelja kvaliteta vode. Temperatura, pH i elektroprovodljivost su kriterijumi koji najmanje utiču na rangiranje mernih lokacija prema kvalitetu vode Dunava. Oni su smešteni u samom koordinantnom početku GAIA ravni tako da su neutralni.

Na osnovu rezultata multikriterijumske analize i prezentovane GAIA ravni, izdvaja se šest značajnih polutanata vode Dunava prikazanih (videti tabelu 6.18.) sa povišenim koncentracijama na utvrđenim lokacijama u okviru Klastera A.

Kako bi se utvrdila prekoračenja ovih vrednosti, vršena su poređenja sa graničnim vrednostima definisanim Direktivom 75/440/EEC. Uočava se povećanje prosečnih godišnjih vrednosti suspendovanih materija od vrednosti propisanih EU direktivom (25 mg/l) na skoro svim lokacijama u okviru klastera, što pokazuje da kvalitet vode Dunava na ovim lokacijama ne ispunjava zahtevani kvalitet definisan evropskim standardima. Izuzetak predstavljaju lokacije L4, L5 i L7 gde srednje godišnje vrednosti zadovoljavaju koncentracije zahtevane kategorijom A1.

Tabela 6.18. Granične vrednosti prema Direktivi 75/440/EEC

Parametri	Suspendovane materije	BPK-5	Ukupni NO₂	Ortofosfati	Amonijum jon	<i>E.coli</i>
Lokacije	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	u 100 ml
L1	32,4	2,2	1,891	0,044	0,08	11.498
L2	27,1	2,5	1,713	0,046	0,04	10.300
L3	31,9	2,3	1,789	0,038	0,09	11.350
L4	24,9	2,0	1,619	0,040	0,07	13.900
L5	23,3	2,5	1,574	0,047	0,06	1.727
L6	25,8	2,3	1,652	0,040	0,07	1.200
L7	20,5	2,2	1,666	0,041	0,07	-
L9	31,6	2,3	1,332	0,047	0,09	18.525
Granične vrednosti parametara prema Direktivi 75/440/EEC						
A1	25	<3	1	0,4	0,05	20
A2	-	<5	2	0,7	1	2.000
A3	-	<7	3	0,7	2	20.000

BPK-5, kao veoma dobar indikator negativnog uticaja delimično prerađenih ili neprerađenih otpadnih voda koje potiču od aglomeracija, industrije i poljoprivrede na vodu recipijenta, pokazuje da je kvalitet vode na lokacijama u okviru Klastera A sa većim zagađenjem organskim materijama u odnosu na lokacije na izlaznom toku Dunava iz Srbije (Klaster B). Ipak, prosečne godišnje vrednosti ovog parametra ostaju u granicama kategorije A1 (<3 mg/l).

Povišene vrednosti nitrata i nitrita (ukupnih oksida azota) mogu da utiču na rast algi i biljaka i promovisati raspadanje bakterija, što uzročno može da smanji raspoloživu količinu kiseonika u vodi. Drugim rečima, ovo ukazuje na zagađenje vode uzrokovano hemijskom industrijom, deponijama, vodom iz kanalizacije ili poljoprivrednim otpadom. Iz tabele 6.18. jasno se vide prekoračenja srednje-godišnjih vrednosti ukupnih oksida azota od onih definisanih kategorijom A1 (1 mg/l), što kvalitet vode Dunava na ovim lokacijama svrstava u kategoriju A2 direktive.

Prosečne vrednosti ortofosfata prelaze graničnu vrednost (0,4 mg/l) kategorije A1 Direktive i svrstaju kvalitet vode na ovim lokacijama u kategoriju A2. Povećanje koncentracije fosfata iznad prirodno prisutnog nivoa dovodi do eutrofikacije koja narušava strukturu prirodnog akvatičnog ekosistema i dovodi do gubitka biodiverziteta.

Amonijum jon znatno odstupa od granica dozvoljenih koncentracija vrednosti kategorije A1 ali, zbog blago kiselog karaktera vode Dunava, ostaje u okviru kategorije A2.

Prisutne koliformne bakterije indikator su najveće sanitarne kontaminacije vode kod Pančeva (L9) i Bačke Palanke (L4) i svrstavaju kvalitet vode u A3 kategoriju. Ipak, vrednosti *E. coli* se postepeno smanjuju prema izlaznom toku reke iz Srbije.

Rezultati analize pokazuju da postoji značajno odstupanje vrednosti parametara suspendovane materije i *E.coli* od definisanih vrednosti na svakoj lokaciji u Klasteru A, što upućuje na neophodnu upotrebu mera zaštite vode od zagađenja na ovim lokacijama. Takođe se zapaža i evidentan porast vrednosti ukupnih oksida azota, ortofosfata i amonijum jona na posmatranim lokacijama, što kvalitet vode Dunava svrstava u kategoriju A2 Direktive 75/440/EEC.

Ipak, utvrđen je bolji kvalitet vode na izlaznom toku iz Srbije, nego što je kvalitet vode Dunava na njenom ulazu u zemlju, što je u saglasnosti i sa istraživanjima sprovedenim od strane drugih autora, u periodu do 2009. godine (Milanović et al., 2010). Ovakvi rezultati ukazuju na značajnu ulogu koju ima Đerdapska klisura u procesu samoprečišćavanja vode na izlaznom toku reke iz zemlje.

6.2.1. Višekriterijumsko rangiranje kvaliteta vode Dunava na toku kroz Srbiju u 2010. godini

U ovom delu rada su prikazani rezultati višekriterijumskog rangiranja kvaliteta vode reke Dunav duž toka kroz Srbiju primenom PROMETHEE/GAIA metode, na osnovu vrednosti selektovanih parametara kvaliteta vode izmerenih na osam mernih stanica, na u 2010-oj godini (Mladenović-Ranisavljević i dr., 2012).

Odabrane su sledeće merne stanice duž toka kroz Srbiju: 1. Bezdani; 2. Bačka Palanka; 3. Novi Sad; 4. Zemun; 5. Pančevo; 6. Beograd-Vinča; 7. Tekija i 8. Radujevac (slika 6.1).

U ovom delu istraživanja, pomoću PROMETHEE II metode izvršeno je kompletno rangiranje osam mernih stanica na Dunavu, u funkciji deset parametara kvaliteta vode. Za korisni parametar pri rangiranju mernih mesta prema kvalitetu uzoraka, izabran je parametar zasićenost vode kiseonikom (Zasićenost O₂) jer veća zasićenost vode kiseonikom doprinosi boljem kvalitetu vode pa njegov sadržaj u vodi treba da bude što veći (max), dok je za ostale parametre potrebno da budu sa što manjim udelom (min) da bi kvalitet vode bio bolji.

S obzirom da su podaci kvantitativnog karaktera, za funkciju preferencije odabrana je linearna funkcija, za sve definisane kriterijume, sa pragovima indiferencije i preferencije (Q i P) u zonama 5% i 30%, respektivno.

Za definisanje težinskih kriterijuma, uzeta je u obzir činjenica da svi parametri nisu iste značajnosti, tj. nemaju svi isti uticaj na kvalitet vode, pa je u te svrhe poslužio udeo SWQI indeksa svakog pojedinačnog parametra u ukupnom indeksu kvaliteta vode u 2010. godini.

Tabela 6.19 prikazuje srednje godišnje vrednosti parametara kvaliteta vode za odabranih osam mernih lokacija na Dunavu.

Tabela 6.19. Scenario rangiranja

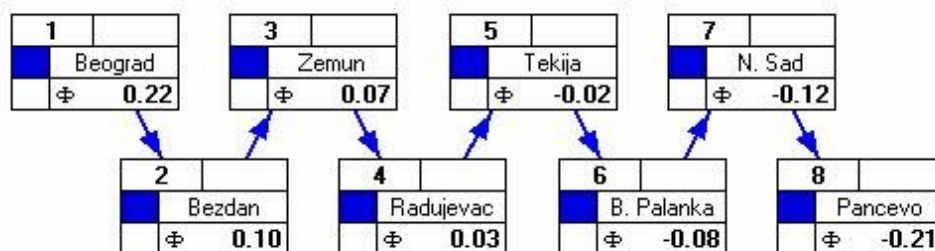
	pH	Temperatura	Elektro-provodljivost	Zasićenost O ₂	suspendovane materije	BPK-5	Ukupni NO ₂	Ortofosfati	Amonijum jon	<i>E.coli</i>
Max/min	Min	Min	Max	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min
Težine	10,00	2,00	22,00	5,00	16,00	9,00	6,00	13,00	6,00	11,00
Funkcija preferencije	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Q	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
P	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Jed. mere	-	°C	µS/cm	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	u 100ml
Bezdan	8,3	470,7	98,10	30,9	2,00	1,070	0,046	0,06	12,2	8.625
B. Palanka	8,2	451,1	87,25	38,4	2,06	0,880	0,059	0,06	15,9	10.533
N. Sad	8,2	481,7	90,30	20,6	2,70	1,040	0,057	0,08	11,5	4.633
Zemun	7,9	413,6	90,70	23,2	2,10	0,300	0,043	0,11	14,2	1.697
Pančevo	8,1	457,6	82,20	52,4	2,10	0,710	0,070	0,08	13,1	24.000
Beograd-V.	7,9	395,0	87,80	20,0	1,92	0,310	0,045	0,08	14,6	1.130
Tekija	8,1	400,0	85,00	14,0	2,00	0,266	0,054	0,13	13,4	8.550
Radujevac	7,8	418,0	86,00	18,0	2,10	0,324	0,118	0,12	13,1	506

Na osnovu podataka iz tabele 6.19 dobijene su vrednosti tokova preferencije, pozitivnog (Φ^+), negativnog (Φ^-) i čistog (Φ), što je dato u tabeli 6.20.

Tabela 6.20. Mrežni tokovi preferencija

Alternative	Scenario		
	Φ^+	Φ^-	Φ
Bezdan	0,2707	0,1733	0,0975
B. Palanka	0,1650	0,2421	-0,0771
N. Sad	0,1871	0,3070	-0,1199
Zemun	0,2285	0,1551	0,0734
Pančevo	0,1182	0,3241	-0,2060
Beograd-V.	0,2977	0,0814	0,2163
Tekija	0,1824	0,1994	-0,0169
Radujevac	0,2192	0,1866	0,0326

PROMETHEE II je izvršio kompletno rangiranje mernih mesta od najbolje do najlošije lokacije sa aspekta prisustva zagađujućih materija u vodi, za definisan scenario (slika 6.18).



Slika 6.18. PROMETHEE II kompletno rangiranje alternativa

Rezultati pokazuju da je najmanje zagađeno merno mesto, sa najboljim kvalitetom vode na Dunavu, lokacija Beograd-Vinča, dok je najzagađenije merno mesto, sa najlošijim kvalitetom vode Pančevo.

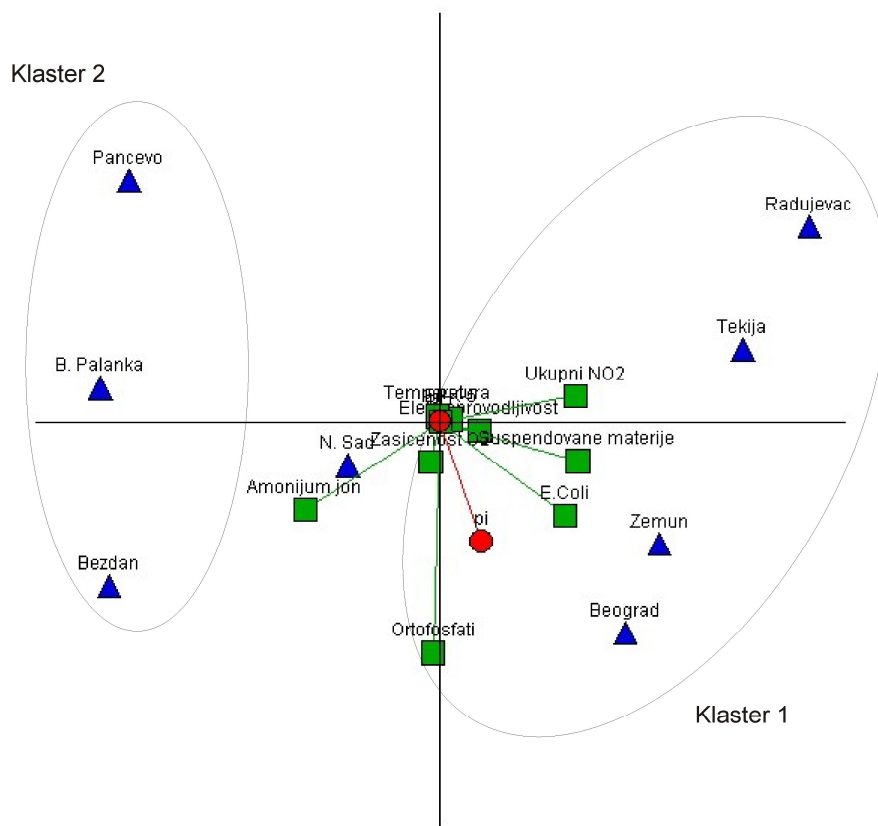
Jasniju sliku o uzajamnim vezama između parametara kvaliteta vode i rangiranih lokacija, moguće je dobiti posmatranjem GAIA ravni. S obzirom da je $\Delta = 71,89\%$, validnost upotrebe GAIA modula je opravdana.

Lokacije (na slici 6.19) grupisane u Klaster 1 (Beograd, Zemun, Tekija i Radujevac) su dobre po većem broju kriterijuma. Ipak, lokacija Beograd-Vinča se izdvaja kao najbolja, s obzirom da se u GAIA ravni nalazi najbliže štapu odluke. Blizina

štapa odluke, takođe ukazuje i na to da je ova lokacija (Beograd-Vinča) mesto sa najnižim koncentracijama bakterije *E.coli* i ortofosfata.

Nasuprot tome, u okviru Klastera 2 grupisane su lokacije (Pančevo, B. Palanka i Bezdan), sa najvišim procentom zagađujućih parametara kvaliteta vode. Ove lokacije nisu dobre ni prema jednom kriterijumu, a posebno su zagađene suspendovanim materijama, ukupnim oksidima azota, ortofosfatima i bakterijom *E. coli*. Parametri temperatura, pH i elektrolitička provodljivost su parametri koji imaju najmanji uticaj na ishod rangiranja jer su smešteni u samom koordinantnom početku GAIA ravni, tako da su neutralni.

Višekriterijumskom analizom odabranih mernih lokacija na Dunavu, na osnovu parametara kvaliteta vode, rangirane su lokacije od najbolje do najlošije, shodno definisanim kriterijumima. Primenom PROMETHEE/GAIA metode izdvojeni su klasteri lokacija sa sličnim kvalitetom vode Dunava (slika 6.19).



Slika 6.19. GAIA ravan za definisani scenario

Klasteri jasno identifikuju Pančevo, B. Palanku i Bezdán kao najzagađenije tačke na Dunavu u Srbiji. Sa druge strane, analiza je pokazala da je kvalitet vode Dunava na mernoj lokaciji Beograd-Vinča dosta dobar, čak najbolji od svih rangiranih, što je za jednu metropolu poput Beograda rezultat vredan divljenja. Takođe se zapaža i da je kvalitet vode Dunava na izlaznom profilu iz zemlje (na lokaciji Radujevac) bolji nego kvalitet vode na ulaznom profilu (Bezdán) u Srbiju.

Dobijeni rezultati mogu poslužiti kao osnova za dalja istraživanja kvaliteta vode Dunava i primenu odgovarajućih mera za suzbijanje glavnih zagađivača reke, kako bi kvalitet vode Dunava mogao da se poboljša.

6.3. Modeli prognoze

Kvalitet vode Dunava za period od 2005. do 2009. godine, meren je na pet lokacija (Bezdán, Novi Sad, Pančevo, Smederevo i Radujevac). WQI vrednosti određene su pojedinačno za svaku lokaciju i osrednjene za svaku godinu merenja. Podaci su obrađeni metodama SWQI, WQI-1 i WQI-2, i prikazani u tabeli 6.21 zajedno sa rangom kvaliteta prema EU i SAD preporukama.

Tabela 6.21. Kvalitet vode Dunava za period od 2005. do 2009., prema metodama SWQI, WQI-1 i WQI-2

Godina	SWQI	Rang	WQI-1	Rang	WQI-2	Rang EU	Rang SAD
2005	79	Dobar	76,053	Dobar	68,706	Srednji	Srednji
2006	79	Dobar	80,235	Dobar	68,626	Srednji	Srednji
2007	83	Dobar	80,023	Dobar	71,806	Dobar	Dobar
2008	81	Dobar	78,276	Dobar	69,655	Srednji	Srednji
2009	85	V. Dobar	79,893	Dobar	69,700	Srednji	Srednji
Srednje vrednosti	81,4	Dobar	78,896	Dobar	69,699	Srednji	Srednji

Rezultati obrade kvaliteta vode različitim metodama pokazuju najveće numeričke vrednosti metodom SWQI, slede metode WQI-1 i metoda WQI-2. Srednja vrednost indeksa kvaliteta vode prema SWQI metodi je veći za 2,504 indeksna poena u odnosu na WQI-1 metodu i 11,701 u odnosu na WQI-2 metodu. WQI-2 metoda ima stroži kriterijum ocene kvaliteta vode, u odnosu na SWQI i WQI-1 metodu, pa je i rang kvaliteta niži.

Kvalitet vode Dunava u 2009. godini, meren je svakog meseca na 17 lokacija. Na svakoj lokaciji, vrednosti deset merenih parametara osrednjene su na godišnjem nivou. Zatim je za svaku lokaciju ocenjen kvalitet vode metodama SWQI, WQI-1 i WQI-2, i zajedno sa rangom kvaliteta prema EU preporukama prikazan u tabeli 6.22.

Tabela 6.22. Kvalitet vode Dunava u 2009. godini prema metodama SWQI, WQI-1 i WQI-2

Br.	Lokacija	SWQI	Rang	WQI-1	Rang	WQI-2	Rang
1	Bezdan	82	Dobar	78,516	Dobar	68,413	Srednji
2	Apatin	82	Dobar	78,244	Dobar	67,361	Srednji
3	Bogojevo	82	Dobar	78,578	Dobar	68,449	Srednji
4	Bačka Palanka	82	Dobar	79,348	Dobar	68,404	Srednji
5	Novi Sad	84	V. Dobar	79,719	Dobar	69,497	Srednji
6	Slankamen	85	V. Dobar	80,481	Dobar	70,117	Dobar
7	Čenta	85	V. Dobar	90,660	Dobar	79,632	Dobar
8	Zemun	83	Dobar	78,813	Dobar	70,234	Dobar
9	Beograd	82	Dobar	81,053	Dobar	71,179	Dobar
10	Pančevo	81	Dobar	78,693	Dobar	68,212	Srednji
11	Smederevo	85	V. Dobar	80,925	Dobar	70,752	Dobar
12	B. Palanka	86	V. Dobar	78,232	Dobar	70,647	Dobar
13	Veliko Gradište	87	V. Dobar	83,111	Dobar	70,979	Dobar
14	Dobra	90	Odličan	84,076	Dobar	71,373	Dobar
15	Tekija	90	Odličan	84,462	Dobar	70,504	Dobar
16	Brza Palanka	90	Odličan	83,721	Dobar	71,655	Dobar
17	Radujevac	88	V. Dobar	81,602	Dobar	71,739	Dobar
Srednja vrednost		85	V. Dobar	81,190	Dobar	70,538	Dobar

Rezultati obrade kvaliteta vode različitim metodama i ovde potvrđuju najveće numeričke vrednosti metodom SWQI, slede metode WQI-1 i metoda WQI-2. Srednja vrednost indeksa kvaliteta vode prema SWQI metodi je veća za 3,810 indeksna poena u odnosu na WQI-1 metodu i 14,462 u odnosu na WQI-2 metodu. Kvalitet vode određen metodama WQI-1 i WQI-2 je za 1 rang niži u odnosu na rang određen metodom SWQI.

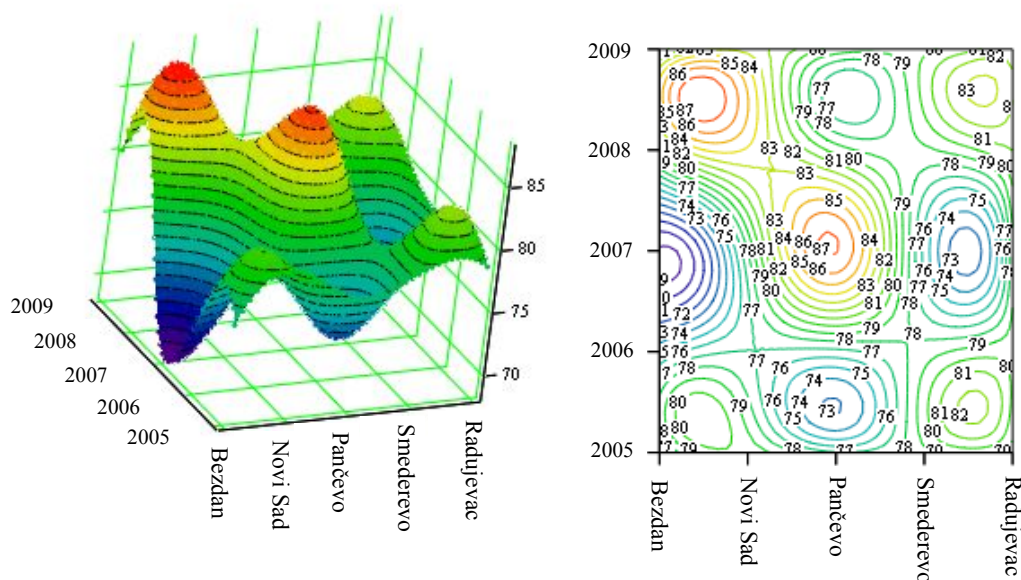
6.3.1. Modelovanje i predviđanje indeksa kvaliteta vode po metodi WQI-1

Eksperimentalna merenja u periodu od 2005. do 2009. godine, vršena su na pet izabranih lokacija (Bezdan, Novi Sad, Pančevo, Smederevo i Radujevac). Rezultati obrade delimično su prikazani u tabeli 6.21.

Primenom programa WQI-1 dobijene su vrednosti WQI za pet izabranih lokacija i pet izabranih godina, i prikazane matricom **LG** (lokacija-godina). Redovi matrice predstavljaju lokacije, a kolone izabrane godine. Vektori **k** i **TOK**, predstavljaju redni broj i odgovarajuće rastojanje lokacije od ulaska Dunava u Srbiju. Vektor **IME** uključuje imena lokacija kao kvalitativne promenljive.

$$\mathbf{TOK} := \begin{pmatrix} 0 \\ 170.61 \\ 270.99 \\ 309.59 \\ 573.59 \end{pmatrix} \quad \mathbf{LG} := \begin{pmatrix} 76.018 & 79.623 & 77.088 & 78.73 & 78.514 \\ 74.802 & 77.029 & 76.681 & 78.423 & 79.611 \\ 68.793 & 78.035 & 78 & 75.682 & 78.693 \\ 80.525 & 83.844 & 79.589 & 78.804 & 81.013 \\ 80.127 & 82.642 & 79.678 & 79.741 & 81.632 \end{pmatrix} \quad \mathbf{k} := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \mathbf{IME} := \begin{pmatrix} \text{"Bezdan"} \\ \text{"Nov_Sad"} \\ \text{"Pancevo"} \\ \text{"Smederevo"} \\ \text{"Radujevac"} \end{pmatrix}$$

Numeričkom interpolacijom kubnim splajnom formiran je 3D-model, koji predstavlja WQI u funkciji rednog broja lokacije (ili rastojanja) i vremena uzorkovanja (izabrane godine). Na slici 6.20 je prikazan 3D dijagram i odgovarajući konturni dijagram.

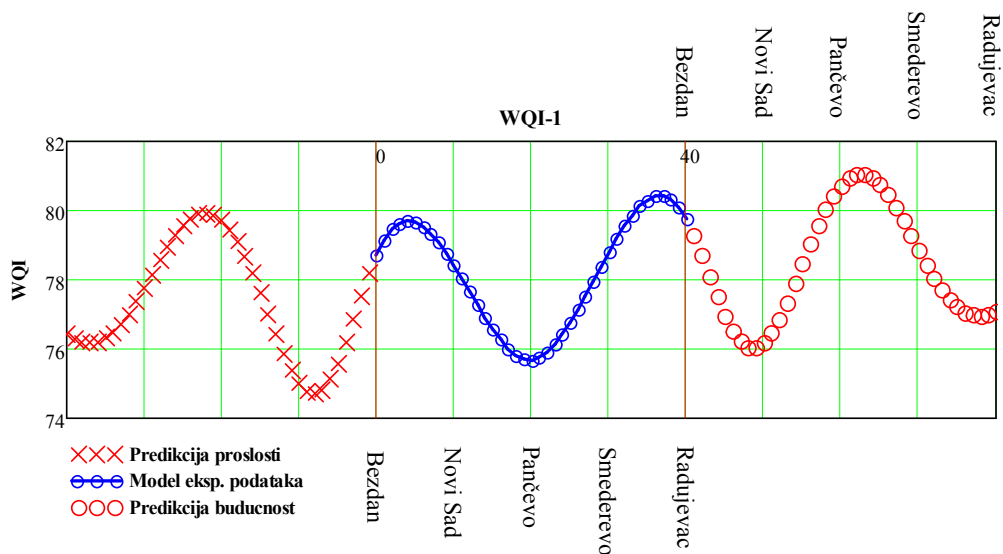


. Slika 6.20. WQI u funkciji lokacije i godine uzorkovanja vode

Konturni dijagram omogućava lociranje lokalnih minimuma i maksimuma, kao i globalnog maksimuma. Primenon metode traženja (*search method*) nađen je maksimum $WQI_{\max}=87.936$ sa pratećim osama, godina 2008, mesec 6 i lokacija 1.5, odnosno polurastojanje između Bezdana i Novog Sada.

U domenu predviđanja 3D model omogućava proizvoljno zadavanje vrednosti hronološkog vremena ili lokacije, pri čemu program ekstrahuje odgovarajuću dvodimenzionalnu krivu, koja se dalje koristi za predviđanje promene WQI u prostoru ili vremenu.

Metoda je ilustrovana izborom 2008 godine. Program ekstrahuje 2D krivu promene WQI sa lokacijom ili rastojanjem, koja je prikazana na slici 6.21., zajedno sa krivama predviđanja promena u budućnosti i prošlosti.



Slika 6.21. Krive predviđanja budućih i prošlih stanja kvaliteta vodotoka u odnosu na 2008. godinu

U tabeli 6.23. prikazane su vrednosti varijansi i standardnih devijacija, krive modela, krive predviđanja budućnosti i prošlosti.

Tabela 6.23. Statistika kriva predviđanja

	Model eksperimenta	Kriva predviđanja budućnosti	Kriva predviđanja prošlosti
Varijansa, σ^2	2,549	2,637	2,650
Standardna devijacija, σ	1,597	1,624	1,628

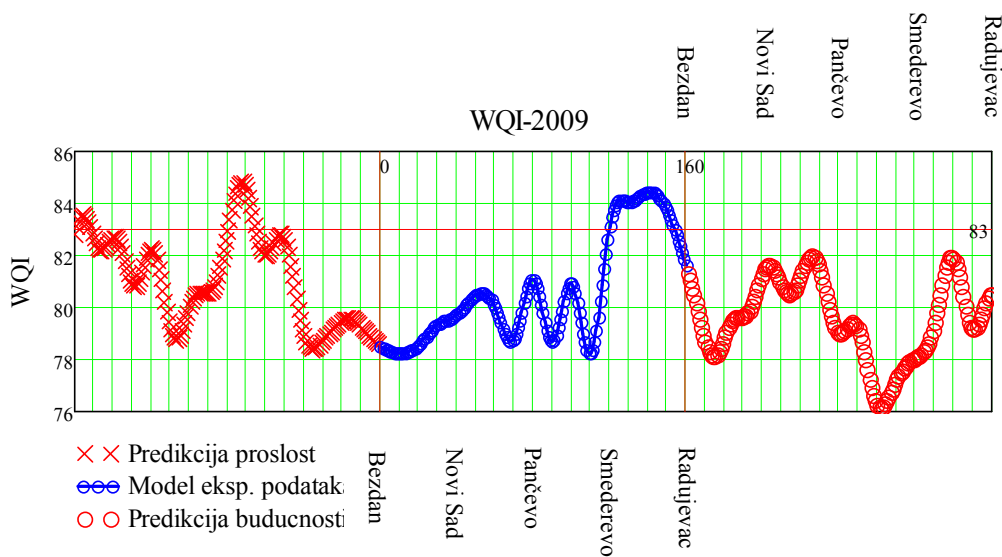
Poređenje vrednosti varijansi i standardnih devijacija sa velikom verovatnoćom potvrđuje visok nivo pouzdanosti u predviđanju.

6.3.2. Modelovanje i predviđanje WQI po metodi WQI-1 na osnovu merenja u 2009. godini

Ekperimentalna merenja u 2009. godini vršena su na svih 17 lokacija. Primenom programa **WQI-1** dobijene su vrednosti WQI za sve lokacije, i prikazane vektorom **WQI-2009**. Vektori **k** i **TOK**, predstavljaju redni broj i odgovarajuće rastojanje lokacije od ulaska Dunava u Srbiju (Bezdan) do izlaznog profila (Radujevac). Vektor **IME** uključuje imena svih lokacija-mernih mesta kao kvalitativne promenljive.

$k :=$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \\ 16 \end{pmatrix}$	$TOK :=$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 24.59 \\ 58.19 \\ 126.99 \\ 170.61 \\ 210.09 \\ 236.59 \\ 251.59 \\ 255.59 \\ 270.99 \\ 309.59 \\ 348.99 \\ 366.39 \\ 404.59 \\ 469.39 \\ 541.79 \\ 573.59 \end{pmatrix}$	$IME :=$	$\begin{pmatrix} "Bezdan" \\ "Apatin" \\ "Bogojevo" \\ "Backa_Palanka" \\ "Nov_Sad" \\ "Slankamen" \\ "Centa" \\ "Zemun" \\ "Beograd" \\ "Pancevo" \\ "Smederevo" \\ "Banatska_Palanka" \\ "Veliko_Gradiste" \\ "Dobra" \\ "Tekija" \\ "Brza_Palanka" \\ "Radujevac" \end{pmatrix}$	$WQI_{2009} :=$	$\begin{pmatrix} 78.516 \\ 78.244 \\ 78.578 \\ 79.348 \\ 79.719 \\ 80.481 \\ 90.66 \\ 78.813 \\ 81.053 \\ 78.693 \\ 80.925 \\ 78.232 \\ 83.111 \\ 84.076 \\ 84.462 \\ 83.721 \\ 81.602 \end{pmatrix}$
--------	--	----------	---	----------	---	-----------------	---

Kriva promene WQI sa rednim brojem mernih lokacija, koja je prikazana na slici 6.22, korišćena je za predviđanje budućih i prošlih stanja kvaliteta vode Dunava u 2009. godini. Prikazana je zajedno sa krivama predviđanja za sledeću i prethodnu godinu.



Slika 6.22. Krive predviđanja budućih i prošlih stanja kvaliteta vodotoka u odnosu na 2009. godinu

U tabeli 6.24 prikazane su vrednosti varijansi i standardnih devijacija, krive modela, krive predviđanja budućnosti i prošlosti.

Tabela 6.24. Statistika kriva predviđanja

	Model eksperimenta	Kriva predviđanja budućnosti	Kriva predviđanja prošlosti
Varijansa, σ^2	4,232	3,136	2,334
Standardna devijacija, σ	2,057	1,771	1,528

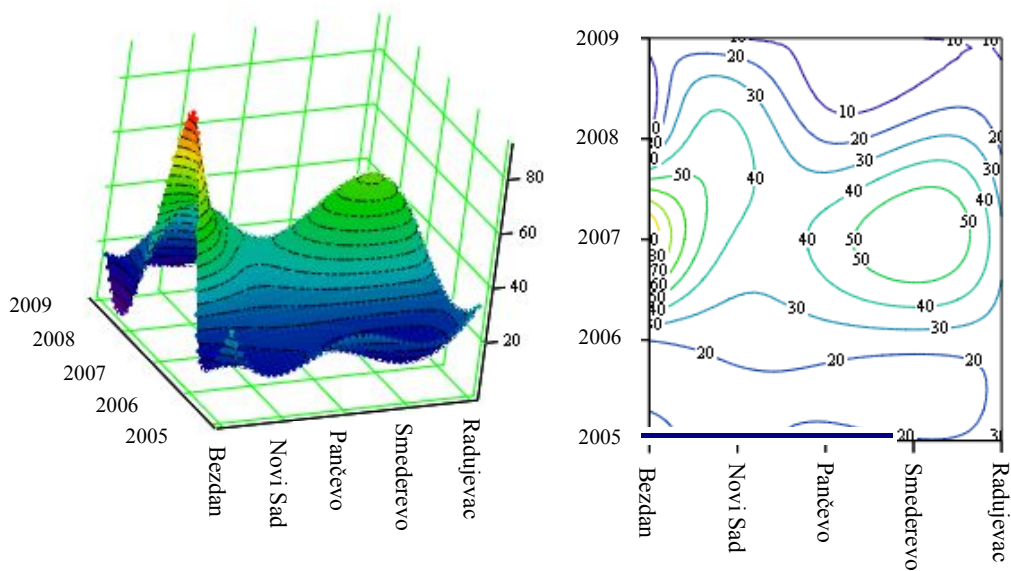
Poređenje vrednosti varijansi i standardnih devijacija sa velikom verovatnoćom potvrđuje visok nivo pouzdanosti u predviđanju.

6.3.3. Formiranje modela prognoze koncentracije suspendovanih materija na pojedinim lokacijama

Pri formiranju modela prognoze koncentracije suspendovanih materija (SM) na pojedinim lokacijama, vršena su eksperimentalna merenja u periodu od 2005. do 2009. godine, na pet izabranih lokacija (Bezdan, Novi Sad, Pančevo, Smederevo i Radujevac). Dobijene su vrednosti koncentracije polutanta suspendovane materije za pet izabranih lokacija i pet izabranih godina, i prikazane matricom **LG** (lokacija-godina). Redovi matrice predstavljaju lokacije, a kolone izabrane godine.

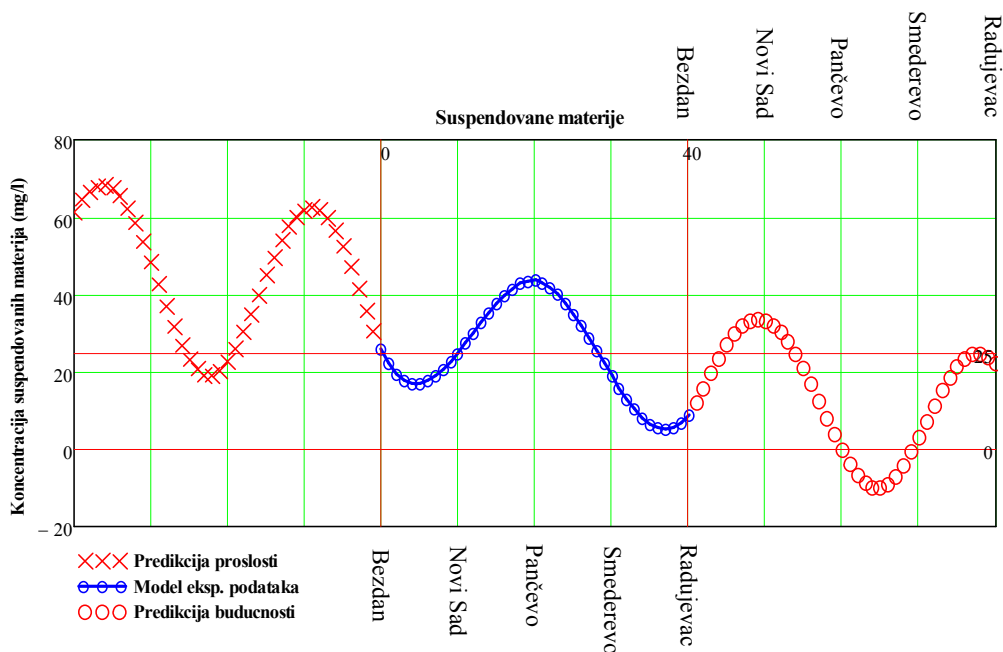
$$\mathbf{LG} := \begin{pmatrix} 33 & 15.9 & 25.9 & 21.1 & 32.4 \\ 20.3 & 23.3 & 24.917 & 25.5 & 24.4 \\ 90.9 & 38.3 & 43.7 & 59.4 & 31.636 \\ 13.545 & 42.3 & 18.9 & 28.4 & 17.3 \\ 16 & 9.8 & 8.9 & 9.9 & 9.8 \end{pmatrix} \quad \mathbf{k} := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \mathbf{TOK} := \begin{pmatrix} 0 \\ 170.61 \\ 270.99 \\ 309.59 \\ 573.59 \end{pmatrix} \quad \mathbf{IME} := \begin{pmatrix} \text{"Bezdan"} \\ \text{"Nov_Sad"} \\ \text{"Pancevo"} \\ \text{"Smederevo"} \\ \text{"Radujevac"} \end{pmatrix}$$

Numeričkom interpolacijom kubnim splajnom formiran je 3D-model, koji predstavlja koncentraciju suspendovanih materija u funkciji rednog broja lokacije (ili rastojanja) i vremena uzorkovanja (izabrane godine). Na slici 6.23 je prikazan 3D dijagram sa odgovarajućim konturnim dijagramom.



Slika 6.23. Koncentracija suspendovanih materija u funkciji lokacije i godine uzorkovanja vode

Maksimalna koncentracija $SM_{\max} = 90,90$ mg/l dobijena je za 2007. godinu na lokaciji Bezdán. U domenu predviđanja, 3D model omogućava proizvoljno zadavanje vrednosti hronološkog vremena, na primer 2007. godina, pri čemu program ekstrahuje odgovarajuću dvodimenzionalnu krivu, koja se dalje koristi za predviđanje promene koncentracije suspendovanih materija u prostoru ili vremenu. Na slici 6.24 prikazana je zajedno sa krivama predviđanja promena u budućnosti i prošlosti.



Slika 6.24. Krive predviđanja budućih i prošlih stanja koncentracije suspendovanih materija u odnosu na 2007. godinu

U tabeli 6.25. prikazane su vrednosti varijansi i standardnih devijacija, krive modela, krive predviđanja budućnosti i prošlosti.

Tabela 6.25. Statistika kriva predviđanja koncentracije suspendovanih materija

	Model eksperimenta	Kriva predviđanja budućnosti	Kriva predviđanja prošlosti
Varijansa, σ^2	155,676	199,523	263,156
Standardna devijacija, σ	12,477	14,125	16,222

Poređenje vrednosti varijansi i standardnih devijacija ne daje pouzdanu prognozu koncentracije suspendovanih materija, odnosno sa velikom verovatnoćom pokazuje nizak nivo pouzdanosti u predviđanju.

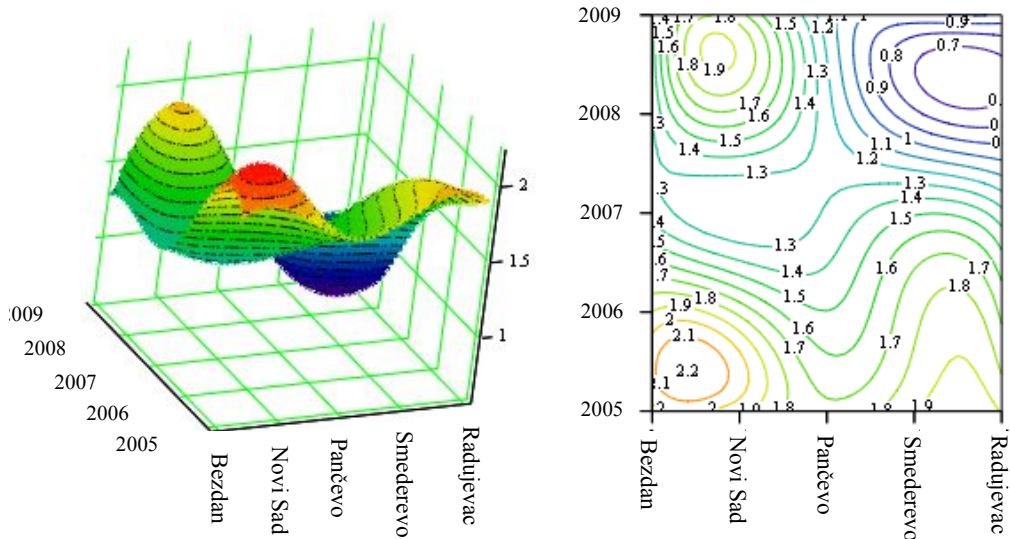
6.3.4. Formiranje modela prognoze koncentracije ukupnih oksida azota na pojedinim lokacijama

Eksperimentalna merenja u periodu od 2005. do 2009. godine, vršena su na pet izabranih lokacija. Dobijene su vrednosti koncentracija polutanta ukupnih jedinjenja azota (N₂) za pet izabranih lokacija i pet izabranih godina, i prikazane matricom N₂ (lokacija-godina).

Redovi matrice predstavljaju lokacije, a kolone izabrane godine.

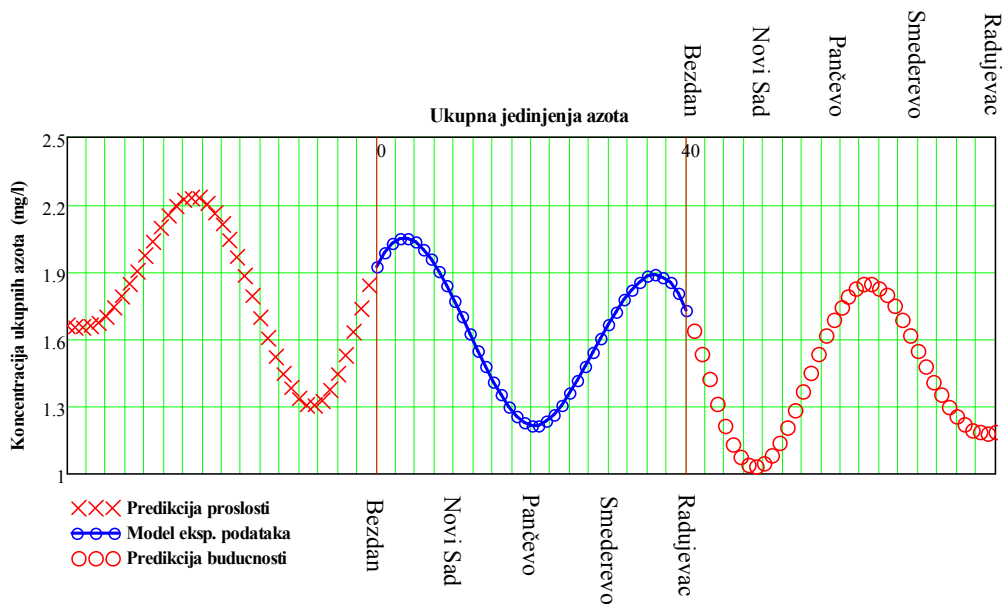
$$\mathbf{N}_2 := \begin{pmatrix} 1.963 & 1.923 & 1.725 & 1.895 & 1.891 \\ 1.902 & 1.773 & 1.503 & 1.769 & 1.675 \\ 1.365 & 1.215 & 1.312 & 1.487 & 1.332 \\ 1.305 & 1.667 & 1.24 & 0.825 & 0.748 \\ 1.309 & 1.732 & 1.138 & 0.979 & 0.983 \end{pmatrix} \quad \mathbf{k} := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \mathbf{TOK} := \begin{pmatrix} 0 \\ 170.61 \\ 270.99 \\ 309.59 \\ 573.59 \end{pmatrix} \quad \mathbf{IME} := \begin{pmatrix} \text{"Bezdan"} \\ \text{"Nov_Sad"} \\ \text{"Pancevo"} \\ \text{"Smederevo"} \\ \text{"Radujevac"} \end{pmatrix}$$

Na slici 6.25. je prikazan 3D model sa odgovarajućim konturnim dijagramom.



Slika 6.25. Koncentracija ukupnih jedinjenja azota u funkciji lokacije i godine uzorkovanja vode

Maksimalna koncentracija ukupnih oksida azota $N_{2_{max}} = 2,201 \text{ mg/l}$ dobija se sredinom 2005. godine na lokaciji oko 40 km nizvodno od Novog Sada. Ako se izabere sredina 2009. godine, program ekstrahuje odgovarajuću dvodimenzionalnu krivu, koja se dalje koristi za predviđanje promene koncentracije ukupnih oksida azota u prostoru ili vremenu. Na slici 6.26 prikazana je prognoza zajedno sa krivama predviđanja promena u budućnosti i prošlosti.



Slika 6.26. Krive predviđanja budućih i prošlih stanja koncentracije ukupnih jedinjenja azota u vodotoku u odnosu na sredinu 2009. godine

U tabeli 6.26 prikazane su vrednosti varijansi i standardnih devijacija, krive modela, krive predviđanja budućnosti i prošlosti.

Tabela 6.26. Statistika kriva predviđanja koncentracije ukupnih jedinjenja azota u vodotoku

	Model eksperimenta	Kriva predviđanja budućnosti	Kriva predviđanja prošlosti
Varijansa, σ^2	0,077	0,070	0,084
Standardna devijacija, σ	0,278	0,265	0,290

Poređenje vrednosti varijansi i standardnih devijacija sa visokom verovatnoćom potvrđuje veoma visok nivo pouzdanosti u predviđanju.

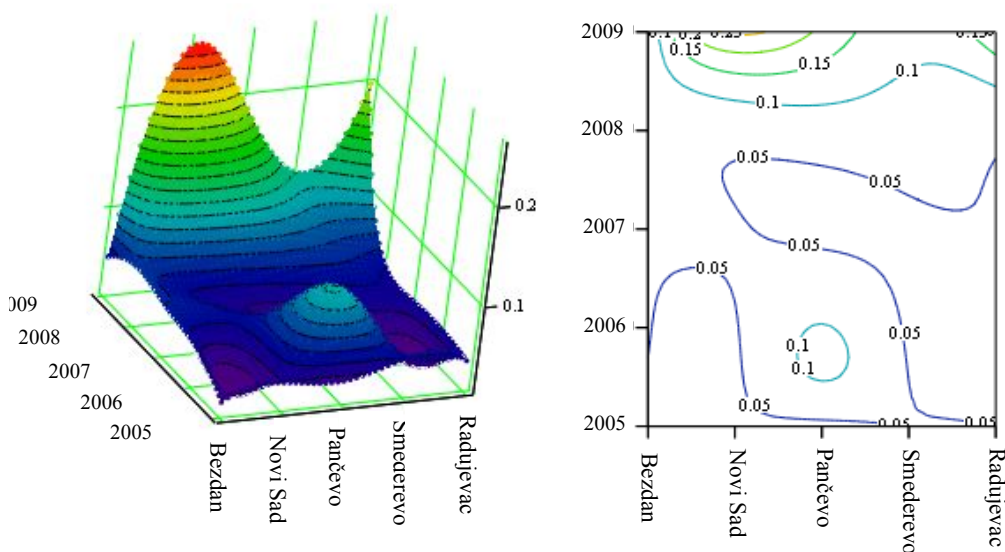
6.3.5. Formiranje modela prognoze koncentracije ortofosfata na pojedinim lokacijama

Eksperimentalna merenja ortofosfata u periodu od 2005. do 2009. godine, vršena su na pet izabranih lokacija. Dobijene su vrednosti koncentracija polutanta ukupnih jedinjenja ortofosfata (PO4) za pet izabranih lokacija i pet izabranih godina, i prikazane matricom **PO4**.

Redovi matrice predstavljaju lokacije, a kolone izabrane godine. Vektori **k** i **TOK**, predstavljaju redni broj i odgovarajuće rastojanje lokacije od ulaska Dunava u Srbiju. Vektor **IME** uključuje imena lokacija kao kvalitativne promenljive.

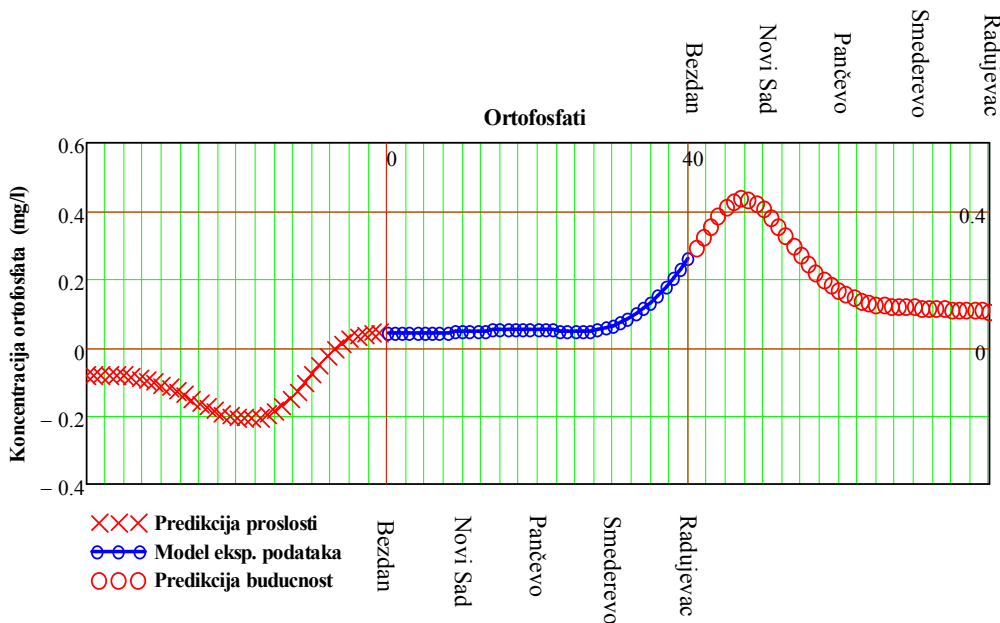
$$\text{PO4} := \begin{pmatrix} 0.029 & 0.042 & 0.037 & 0.053 & 0.044 \\ 0.055 & 0.047 & 0.102 & 0.044 & 0.049 \\ 0.062 & 0.053 & 0.041 & 0.043 & 0.047 \\ 0.071 & 0.065 & 0.075 & 0.073 & 0.061 \\ 0.053 & 0.259 & 0.188 & 0.117 & 0.2 \end{pmatrix} \quad \mathbf{k} := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \mathbf{TOK} := \begin{pmatrix} 0 \\ 170.61 \\ 270.99 \\ 309.59 \\ 573.59 \end{pmatrix} \quad \mathbf{IME} := \begin{pmatrix} \text{"Bezdan"} \\ \text{"Nov_Sad"} \\ \text{"Pancevo"} \\ \text{"Smederevo"} \\ \text{"Radujevac"} \end{pmatrix}$$

Na slici 6.27 je prikazan 3D model sa odgovarajućim konturnim dijagramom.



Slika 6.27. Koncentracija ortofosfata u funkciji lokacije i godine uzorkovanja vode

Maksimalna koncentracija ortofosfata $PO_{4_{max}} = 0,259$ mg/l dobijena je za sredinu 2009. godine na lokaciji Novi Sad. Za izabranu 2006. godinu, program ekstrahuje odgovarajuću dvodimenzionalnu krivu, koja se dalje koristi za predviđanje promene koncentracije ortofosfata u prostoru. Na slici 6.28 prikazana je zajedno sa krivama predviđanja promena u budućnosti i prošlosti.



Slika 6.28. Krive predviđanja budućih i prošlih stanja koncentracije ortofosfata u vodotoku u odnosu na 2006. godinu

U tabeli 6.27 prikazane su vrednosti varijansi i standardnih devijacija, krive modela, krive predviđanja budućnosti i prošlosti.

Tabela 6.27. Statistička kriva predviđanja koncentracije ortofosfata u vodotoku

	Model eksperimenta	Kriva predviđanja budućnosti	Kriva predviđanja prošlosti
Varijansa, σ^2	0,003	0,015	0,006
Standardna devijacija, σ	0,054	0,122	0,078

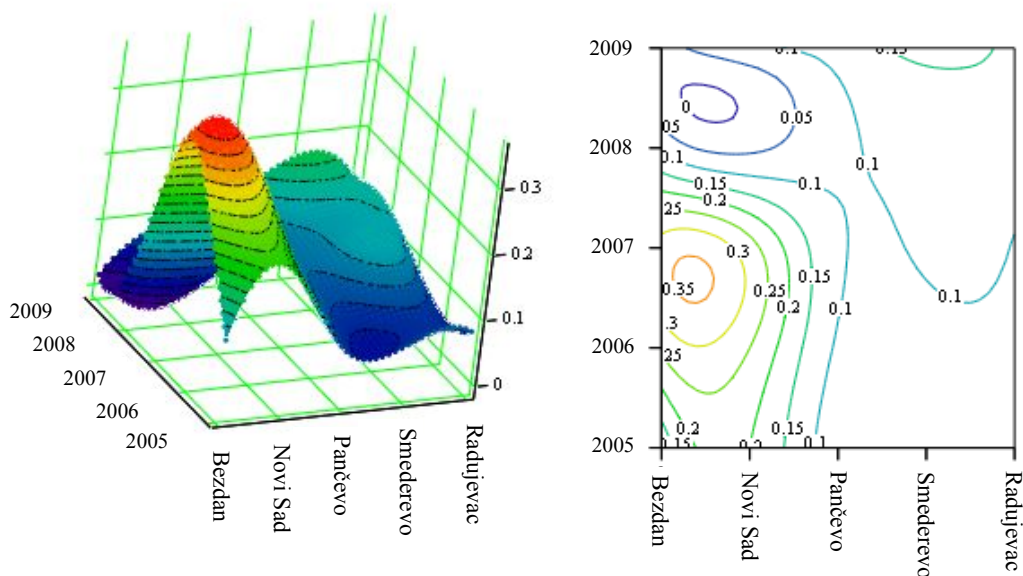
Poređenjem vrednosti varijansi i standardnih devijacija može se samo sa niskom verovatnoćom potvrditi skroman nivo pouzdanosti u predviđanju.

6.3.6. Formiranje modela prognoze koncentracije amonijumovog jona na pojedinim lokacijama

Eksperimentalna merenja u periodu od 2005. do 2009. godine, vršena su na pet izabranih lokacija. Dobijene su vrednosti koncentracije polutanta amonijum jona (NH₄) za pet izabranih lokacija i pet izabranih godina, i prikazane matricom **NH4**. Redovi matrice predstavljaju lokacije, a kolone izabrane godine. Vektori **k** i **TOK** predstavljaju redni broj i odgovarajuće rastojanje lokacije od ulaska Dunava u Srbiju. Vektor **IME** uključuje imena lokacija kao kvalitativne promenljive.

$$\mathbf{NH4} := \begin{pmatrix} 0.108 & 0.2 & 0.07 & 0.07 & 0.08 \\ 0.26 & 0.25 & 0.093 & 0.07 & 0.06 \\ 0.32 & 0.27 & 0.108 & 0.11 & 0.094 \\ 0.09 & 0.04 & 0.09 & 0.113 & 0.13 \\ 0.02 & 0.09 & 0.12 & 0.17 & 0.12 \end{pmatrix} \quad \mathbf{k} := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \mathbf{TOK} := \begin{pmatrix} 0 \\ 170.61 \\ 270.99 \\ 309.59 \\ 573.59 \end{pmatrix} \quad \mathbf{IME} := \begin{pmatrix} \text{"Bezdan"} \\ \text{"Nov_Sad"} \\ \text{"Pancevo"} \\ \text{"Smederevo"} \\ \text{"Radujevac"} \end{pmatrix}$$

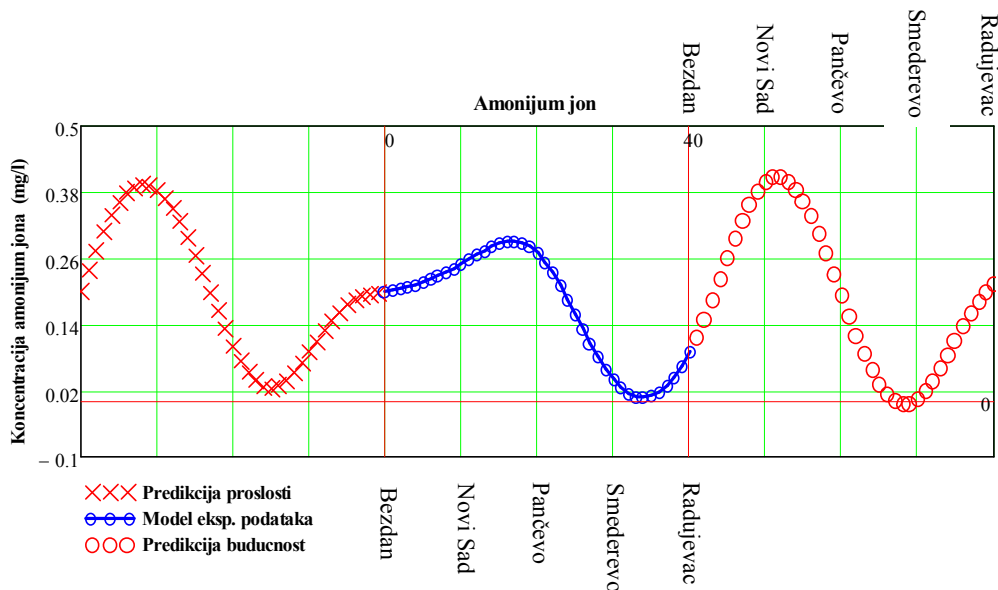
Na slici 6.29 je prikazan 3D model sa odgovarajućim konturnim dijagramom.



Slika 6.29. Koncentracija amonijuma u funkciji lokacije i godine uzorkovanja vode

Maksimalna koncentracija ukupnih amonijum jona $NH_{4max}=0,361$ mg/l dobijena je krajem 2006. godine na lokaciji Novog Sada. Za izabranu godinu 2006., program ekstrahuje odgovarajuću dvodimenzionalnu krivu, koja se dalje koristi za predviđanje promene koncentracije amonijum jona u prostoru ili vremenu.

Na slici 6.30 prikazana je kriva zajedno sa krivama predviđanja promena u budućnosti i prošlosti.



Slika 6.30. Krive predviđanja budućih i prošlih stanja koncentracije amonijum jona u vodotoku u odnosu na 2006. godinu

U tabeli 6.28 prikazane su vrednosti varijansi i standardnih devijacija, krive modela, krive predviđanja budućnosti i prošlosti.

Tabela 6.28. Statistička kriva predviđanja koncentracije amonijum jona u vodotoku

	Model eksperimenta	Kriva predviđanja budućnosti	Kriva predviđanja prošlosti
Varijansa, σ^2	0,010	0,018	0,015
Standardna devijacija, σ	0,101	0,135	0,121

Poređenjem vrednosti varijansi i standardnih devijacija može se sa visokom verovatnoćom potvrditi visok nivo pouzdanosti u predviđanju.

6.3.7. Formiranje modela prognoze koncentracije kritičnih polutanata na svim lokacijama

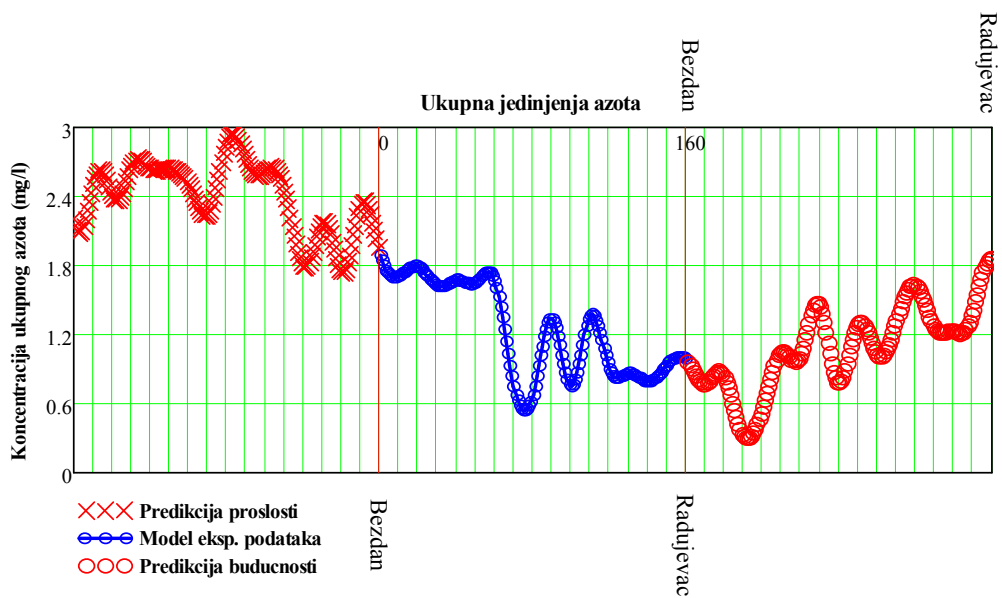
Eksperimentalna merenja u 2009. godini vršena su na 17 lokacija. Dobijene su vrednosti koncentracija kritičnih polutanata, i prikazane matricom **L** (lokacija). Vektori **k** i **TOK**, predstavljaju redni broj i odgovarajuće rastojanje lokacije od ulaska Dunava u Srbiju (Bezdan) do izlaznog profila (Radujevac). Vektor **IME** uključuje imena lokacija kao kvalitativne promenljive.

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{L} := \\
 \begin{pmatrix}
 32.364 & 1.891 & 0.044 & 0.079 \\
 27.125 & 1.713 & 0.046 & 0.041 \\
 31.917 & 1.789 & 0.038 & 0.085 \\
 24.9 & 1.619 & 0.04 & 0.073 \\
 24.417 & 1.675 & 0.049 & 0.063 \\
 25.818 & 1.652 & 0.04 & 0.065 \\
 20.455 & 1.666 & 0.041 & 0.069 \\
 21.833 & 0.751 & 0.073 & 0.11 \\
 18.4 & 0.68 & 0.061 & 0.13 \\
 31.636 & 1.332 & 0.047 & 0.094 \\
 17.333 & 0.748 & 0.061 & 0.133 \\
 28.8 & 1.364 & 0.049 & 0.152 \\
 13.167 & 0.905 & 0.058 & 0.093 \\
 10.833 & 0.864 & 0.054 & 0.077 \\
 8.833 & 0.791 & 0.044 & 0.069 \\
 9.273 & 0.934 & 0.056 & 0.103 \\
 9.818 & 0.983 & 0.2 & 0.123
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \mathbf{k} := \\
 \begin{pmatrix}
 0 \\
 1 \\
 2 \\
 3 \\
 4 \\
 5 \\
 6 \\
 7 \\
 8 \\
 9 \\
 10 \\
 11 \\
 12 \\
 13 \\
 14 \\
 15 \\
 16
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \mathbf{TOK} := \\
 \begin{pmatrix}
 0 \\
 24.59 \\
 58.19 \\
 126.99 \\
 170.61 \\
 210.09 \\
 236.59 \\
 251.59 \\
 255.59 \\
 270.99 \\
 309.59 \\
 348.99 \\
 366.39 \\
 404.59 \\
 469.39 \\
 541.79 \\
 573.59
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \mathbf{IME} := \\
 \begin{pmatrix}
 \text{"Bezdan"} \\
 \text{"Apatin"} \\
 \text{"Bogojevo"} \\
 \text{"Backa_Palanka"} \\
 \text{"Nov_Sad"} \\
 \text{"Slankamen"} \\
 \text{"Centa"} \\
 \text{"Zemun"} \\
 \text{"Beograd"} \\
 \text{"Pancevo"} \\
 \text{"Smederevo"} \\
 \text{"Banatska_Palanka"} \\
 \text{"Veliko_Gradiste"} \\
 \text{"Dobra"} \\
 \text{"Tekija"} \\
 \text{"Brza_Palanka"} \\
 \text{"Radujevac"}
 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

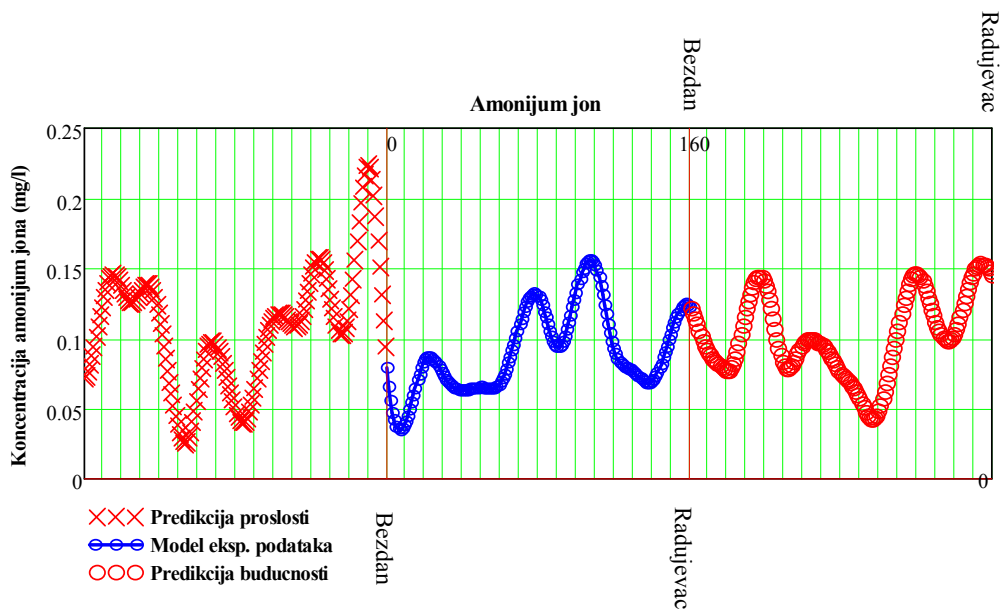
U matrici **L** odgovarajuće kolone su redom koncentracije zagađivača: suspendovane materije, ukupna jedinjenja azota, ortofosfati i amonijum jon.

Podaci dobijeni sa 17 mernih mesta i za četiri izabrana polutanta, korišćeni su za prognozu stanja zagađenosti vodotoka Dunava. Rezultati merenja prikazani matricom **L** predstavljaju osrednjene vrednosti merenih koncentracija polutanata na godišnjem nivou. Rezultati su prikazani na slikama 6.31 do 6.34, zajedno sa prognozama za sledeću i prethodnu godinu u cilju testiranja metode.

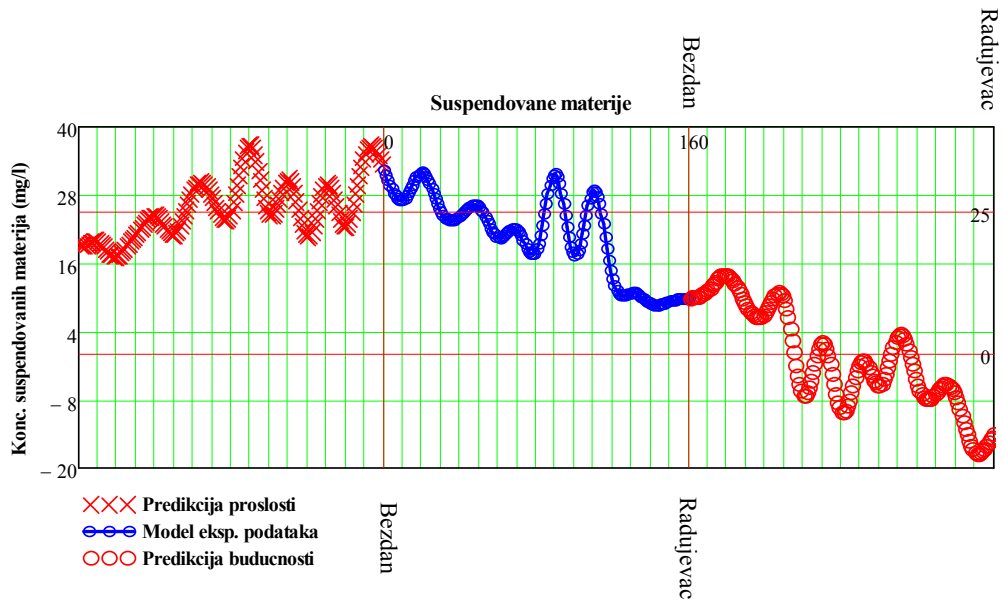
Kvalitet prognoze ocenjivan je osnovnim statističkim pokazateljima i ovi su rezultati prikazani u tabeli 6.29.



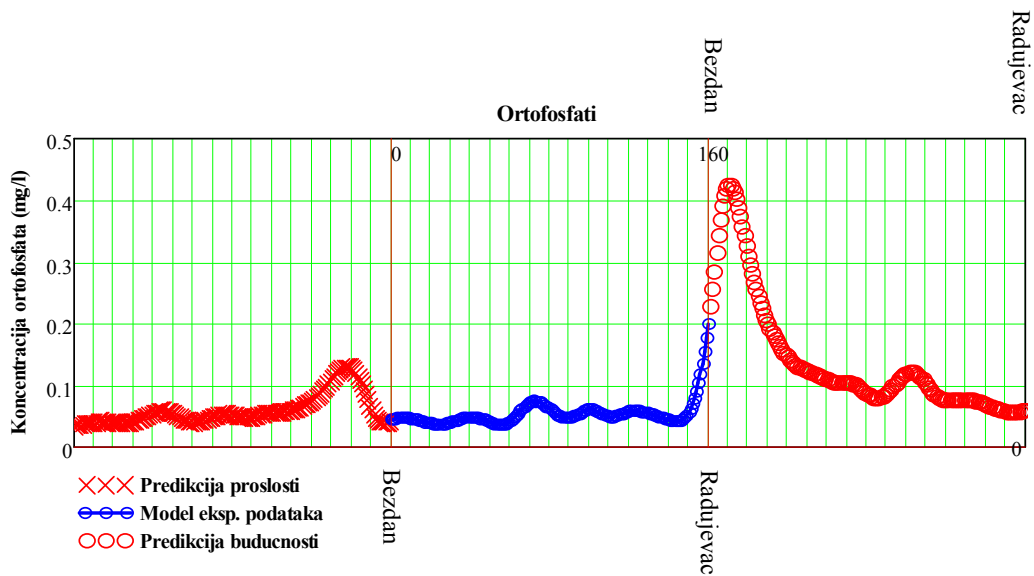
Slika 6.31. Dinamika koncentracije ukupnih jedinjenja azota u 2009. godini, i krive predviđanja budućih i prošlih stanja u vodotoku



Slika 6.32. Dinamika koncentracije ukupnih amonijumovih jona u 2009. godini i krive predviđanja budućih i prošlih stanja u vodotoku



Slika 6.33. Dinamika koncentracije ukupnih suspendovanih materija u 2009. godini, i krive predviđanja budućih i prošlih stanja u vodotoku



Slika 6.34. Dinamika koncentracije ortofosfata u 2009. godini i krive predviđanja budućih i prošlih stanja u vodotoku

U tabeli 6.29 prikazane su vrednosti varijansi i standardnih devijacija, krive modela, krive predviđanja budućih i prošlih stanja zagađenosti.

Tabela 6.29. Statistička kriva predviđanja koncentracije polutanata u vodotoku Dunava

Zagađivači	Varijansa σ^2 i Standardna devijacija σ	Model eksperimenta	Kriva predviđanja budućnosti	Kriva predviđanja prošlosti
Suspendovane materije	σ^2 σ	56,045 7,486	9,632 3,104	6,096 2,469
Ukupna jedinjenja azota	σ^2 σ	0,165 0,406	0,132 0,363	0,094 0,306
Ortofosfati	σ^2 σ	0,001 0,022	0,009 0,097	0,001 0,025
Amonijum jon	σ^2 σ	0,001 0,030	0,001 0,030	0,002 0,043

Poređenjem vrednosti varijansi i standardnih devijacija može se sa visokom verovatnoćom potvrditi visok nivo pouzdanosti u predviđanju, osim kod suspendovanih materija.

7. ZAKLJUČAK

Istraživanja u ovoj disertaciji baziraju se na podacima sa sedamnaest hidroloških mernih stanica duž toka Dunava kroz Srbiju, na određenom rastojanju od ušća, za period od 2005. do 2009. godine. Na osnovu dobijenih rezultata sprovedenih istraživanja, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Metodom indeksa kvaliteta vode ocenjivan je kvalitet površinske vode Dunava. Izračunate SWQI vrednosti na mernim stanicama u 2009. godini pokazuju da je kvalitet Dunava duž toka kroz Srbiju bio u rasponu od 82 do 90 indeksnih poena, što odgovara opisnim indikatorima dobar, veoma dobar i odličan kvalitet vode.
- Utvrđene su korelacione zavisnosti kriterijuma klasifikacije kvaliteta vode upoređivanjem važeće zakonske regulative Srbije i Okvirne direktive o vodama Evropske unije.
- Trend promene kvaliteta vode u posmatranom petogodišnjem periodu utvrđen je praćenjem promena parametara indeksa kvaliteta vode dvojako; u vremenu i u prostoru. Kvalitet Dunava, određen medijanom uređenog niza srednjih vrednosti indeksa SWQI na mernim profilima kroz Srbiju, pokazuje poboljšanje kvaliteta vode i linearni trend rasta za ispitivani petogodišnji period.
- Procena eko-hemijskog statusa vode Dunava, zasnovana na komparativnoj analizi minimalne, maksimalne i vrednosti medijane seta odabranih parametara indeksa kvaliteta vode sa standardnim vrednostima parametara zahtevanih EU direktivama, pokazala je da se primenom SWQI metode i komparacijom sa standardnim vrednostima utvrđenim od strane Direktive 75/440/EEC kao zahtevani kvalitet površinske vode namenjene za zahvatanje za vodu za piće u državama članicama, može dobiti sveobuhvatna ocena stanja kvaliteta vode Dunava u Srbiji.
- S obzirom na neusaglašenost parametara indeksne metode i nepostojanje globalne standardizacije metode, generisan je novi model indeksne metode (WQI-1), delimično usklađen sa standardima ovlašćenih institucija Srbije, preporukama Svetske zdravstvene organizacije i direktivama Evropske unije, na kojem se

zasniva model prognoze koncentracije polutanata na pojedinim lokacijama na Dunavu.

- Na osnovu parametara indeksa kvaliteta vode formiran je model višekriterijumskog odlučivanja i primenom PROMETHEE/GAIA metode rangirane su lokacije potencijalnog ekološkog rizika i identifikovani najznačajniji polutanti vode Dunava.
- Rezultati kompletne PROMETHEE analize rangiranja parametara kvaliteta vode za 2009. godinu pokazuju da je najmanje zagađeno merno mesto, sa najboljim kvalitetom vode, Dobra (L14), dok je najzagađenije merno mesto, sa najlošijim kvalitetom vode, Pančevo (L9), sa odgovarajućim neto tokovima preferencije $\Phi=0,20$ i $\Phi=-0,15$, respektivno. Pri tome su analize, pomoću opšte PLS metode, kao posebno važne faktore potencijalnog ekološkog rizika koji utiču na kvalitet vode, izdvojile polutante (ukupni oksidi azota, ortofosfati, suspendovane materije i amonijum jon), iako to nisu jedini relevantni i dominantni parametri.
- Analizom GAIA ravni identifikovani su oksidi azota, fosfati, suspendovane čestice i amonijum jon, kao najvažnije promenljive koje utiču na rangiranje vode. Ove promenljive su potom potvrđene PLS analizom, što se može koristiti pri modelovanju i predviđanju nivoa ostalih polutanata vode.
- U istraživanju je korišćena Burgsova metoda i algoritam za linearnu predikciju. Formirani su sledeći modeli predikcije: model predviđanja WQI po metodi WQI-1 posmatran u petogodišnjem periodu; model predviđanja WQI po metodi WQI-1 na osnovu merenja u 2009 godini, kao i model prognoze koncentracije polutanata utvrđenih višekriterijumskom analizom, na pojedinim lokacijama na Dunavu.
- Numeričkom interpolacijom kubnim splajnom formiran je 3D-model, koji predstavlja novu indeksnu metodu (WQI-1) u funkciji rednog broja lokacije (ili rastojanja) i vremena uzorkovanja (izabrane godine). U domenu predviđanja, 3D model omogućava proizvoljno zadavanje vrednosti hronološkog vremena ili lokacije, pri čemu program ekstrahuje odgovarajuću dvodimenzionalnu krivu, koja se dalje koristi za predviđanje promene WQI u prostoru ili vremenu. Program ekstrahuje 2D krivu promene indeksa kvaliteta vode sa lokacijom ili rastojanjem, zajedno sa krivama predviđanja promena u budućnosti i prošlosti.

- Utvrđene su koncentracije svakog pojedinačnog polutanta u posmatranom petogodišnjem periodu, kao i dinamika koncentracije polutanata u 2009. godini, zajedno sa krivama predviđanja budućih i prošlih stanja u vodotoku.
- Poređenjem vrednosti varijansi i standardnih devijacija može se sa velikom verovatnoćom potvrditi visok stepen pouzdanosti u predviđanju, osim kod suspendovanih materija.

Visoka kompleksnost fizičkih, hemijskih, biohemijskih i mikrobioloških procesa koji se odigravaju u površinskom vodotoku Dunava, sam zahtev za predviđanje koncentracije polutanata čini veoma otežanim.

Iako modelovanje ne daje zadovoljavajuća predviđanja nekih pokazatelja kvaliteta vode, s obzirom na činjenicu da su podaci korišćeni za modelovanje dobijeni istraživanjima koja nisu sprovedena metodom planiranja eksperimenta, rezultati ipak daju podršku održivosti primenjenog koncepta. Suštinski, pristup omogućuje da se metodom analize više promenljivih podataka predvidi kvalitet vode iz nekoliko jednostavno izmerenih vremenskih serija promenljivih.

Rezultati do kojih se došlo u ovoj disertaciji su praktični i primenljivi i moguće je kroz budući rad na ovoj problematici izvršiti njihovu verifikaciju proširenjem ispitivanja u smislu sagledavanja problema iz nekih drugih uglova primenom dodatnih metoda. Definisani modeli imaju opšti karakter, a sa izmenjenim uslovima mogu biti primenjeni na sve ostale površinske tokove.

LITERATURA

- Akcioni plan (2010), Akcioni plan Strategije Evropske unije za Dunavski region, Evropska Komisija, Brisel, SEC(2010)1489/3. Dostupno sa sajta <http://www.dunavskastrategija.rs>
- Alam Md. J.B., Muyen Z., Islam M.R., Islam S., Mamun M. (2007), Water quality parameters along rivers, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4(1), 159-167.
- Albadvi A., Chaharsooghi S.K., Esfahanipour A., (2007). Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE. *European Journal of Operational Research*. 177(2), 673–683. doi: 10.1016/j.ejor.2005.11.022
- Alobaidy A.H.M.J., Abid H.S., Maulood B.K. (2010). Application of Water Quality Index for assessment of Dokan Lake Ecosystem, Kurdistan Region, Iraq, *Journal of Water Resource and Protection*, doi:10.4236/jwarp.2010.29093.
- Anglieva R, Mladenova S. (1979). Trace elements in soil. food-plants and drinking water in the endemic region in Bulgaria. In: Strahinjić S, Stefanović V, eds. *Endemic (Balkan) Nephropathy*, Niš, University Press, 59-60.
- Ayoko G., Singh K., Balarea S., Kokot S., (2007). Exploratory multivariate modeling and prediction of the physico-chemical properties of surface water and groundwater. *Journal of Hydrology* 336 (1-2), 115-124.
- Babović N., Marković D., Dimitrijević V., Marković D., (2011). Some indicators of water quality of the Tamiš River. *CI&CEQ* 17(1), 107-115.
- Bajčetić R., Srđević B., (2007). Višekriterijumska analiza varijanti rekonstrukcije regionalnog vodozahvatnog sistema metodom PROMETHEE, *Vodoprivreda* 0350-0519, 39 (2007), 149-162.
- Banerjee T., Srivastava R.K. (2009). Application of water quality index for assessment of surface water quality surrounding integrated industrial estate-Pantnagar, *Water Sci. Tech.*, 60 (8), 2041-2053.
- Behzadian M., Kazemzadeh R.B., Albadvi A., Aghdasi M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications, *European Journal of Operational Research* 200, 198–215.
- Boyacioglu H. (2007). Development of water quality index based on a European classification scheme, *Water SA Manuscript*, 33 (1), 101-106.

- Boyacioglu H. (2010). Utilization of the water quality index method as a classification tool. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167 (1-4), 115-124.
- Brans, J.P. (1982). L'ingénierie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision, La méthode PROMETHEE, in Nadeau, R., Landry, M. (Eds.), L'aide à la décision: Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir, Presses de l'Université Laval, Québec, Canada, pp. 183–213.
- Brans, J.P., Mareschal, B. (1992). PROMETHEE V - MCDM problems with segmentation constraints. *INFOR* 30 (2), 85-96.
- Brans, J.P., Mareschal, B. (1995). The PROMETHEE VI procedure. How to differentiate hard from soft multi-criteria problems. *Journal of Decision Systems* 4, 213-223.
- Brans, J.P., Vincke, Ph., Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24 (2), 228-238.
- Brilly M. (2010), Hydrological Processes of the Danube River Basin: Perspectives from 10 Danubian Countries, Chapter II: Schiller H, Miklós D, Sass J., The Danube River and its Basin Physical Characteristics, Water Regime and Water Balance, Springer, p. 25-79
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger R. A., Tozer R. G. (1970). A Water Quality Index—Do We Dare? *Wat. Sewage Wks.*, 339-343.
- Burg, J.P. (1975). Maximum Entropy Spectral Analysis. Ph.D thesis. Department of Geophysics, Stanford University.
- Burger H., Kapfinger H. (1992). Bayerns Weg zum Meer. Die Main-Donau-Wasserstrasse, Neue-Presse-Verl.-Ges., Passau.
- Ciocârlan V. (2011). Vascular Flora Of The Danube Delta, *Analele științifice ale Universității „Al. I. Cuza” Iași*, Tomul LVII, fasc. 1, s. II a. Biologie vegetală, 41-64.
- Ciocârlan V. (1999). Lista roșie a plantelor vasculare din Rezervația Biosferei Delta Dunării. *Acta Bot. Horti Bucurest.*, București: 147-152.
- Claerbout, J. (1997). Burg Spectral Estimation. Dostupno sa interneta http://sepwww.stanford.edu/sep/prof/fgdp/c7/paper_html/node3.html

- Collomb, C. (2009). Burg's Method, Algorithm and Recursion. Dostupno sa <http://www.emptyloop.com/technotes/A%20tutorial%20on%20Burg's%20method,%20algorithm%20and%20recursion.pdf>
- Couillard, D., Lefebvre Y. (1985). Analysis of Water Quality Indices. *Journal of Environmental Management* 21:161-179.
- Cude, C. (2001). Oregon Water Quality Index: A Tool for Evaluating Water Quality Management Effectiveness. *Journal of the American Water Resources Association* 37(1): 125-137.
- Čupić, M., Rao Tummala V.M., Suknović M., (2001). Odlučivanje: Formalni pristup, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- Čupić, M., Suknović M. (2008). Odlučivanje. Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- D'heygere T.P., Goethals P.L.M., De Pauw N., (2002). Optimisation of the monitoring strategy of macroinvertebrate communities in the river Dender, in relation to the EU Water Framework Directive. In *Proceedings of the 2nd Symposium on European Freshwater Systems. The ScientificWorld JOURNAL* 2, 607-617.
- Davignon, G., Mareschal, B. (1989). Specialization of hospital services in Quebec: An application of the PROMETHEE and GAIA methods. *Mathematical and Computer Modelling*, 12 (10-11), 1393-1400.
- Dojlido J., Raniszewski J., Woyciechowska J. (1994). Water quality index- application for rivers in Vistula river basin in Poland, *Water Science and Tehnology*, 30 (10), 57-64.
- Einax, J.W., Zwanziger, H., Geiß, S., (1997). *Chemometrics in Environmental Analysis*. VCH, Weinheim, pp. 284–317 and references therein.
- Enache I., Birghila S., Dumbrava A. (2009), The Danube River water quality characteristics in the Braila Town, *Ovidius University Annals of Chemistry* 20 (2), 146-152.
- Ene A., Popescu I.V., Stihl C., Gheboianu A., Radulescu C., Tigau N., Gosav S., (2010). Assessment of river water quality in Central and Eastern parts of Romania using atomic GF5 and optical methods. *Journal of Science and Arts*, 1 (12), 113-118.
- EU Directive (1975). Council Directive 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in

- the Member States, OJ No L 194, 25/7/1975, 26-31, (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/consleg/1975/L/01975L0440-19911223-en.pdf>)
- EU Directive (1991). Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment, OJ L 135, 30.5.1991, p. 40–52.
- EU Directive (1991a). Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources, OJ L 375, 31.12.1991, p. 1–8.
- EU Directive (2008). Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control (Codified version), OJ L 24, 29.1.2008, p. 8–29.
- EU WFD (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a framework for Community action in the field of water policy. (http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.htm).
- Garnier, J., Billen, G., Hannon, E., Fonbonne, S., Videnina, Y., Soulie, M., (2002), Modelling the transfer and retention of nutrients in the drainage network of the Danube River estuarine, *Coastal and Shelf Science*, 54 (3), 285–308.
- Gatica E. A., Almeida C. A., Mallea M. A., del Corigliano M. C., González P., (2012). Water quality assessment, by statistical analysis, on rural and urban areas of Chocancharava River (Río Cuarto), Córdoba, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 2012, DOI: 10.1007/s10661-011-2495-7.
- Geambasu N., Danescu F., Gancz V., Petrila M., Surdu A., Bernaschi I., Nita C., Dragan D. (2005), Revegetation with native forest species in relation with the pedoenvironment conditions of the Danube Flood Plain, 48 (1), 101-113.
- Hajnal H. (1920). *The Danube: its historical, political and economic importance*. The Hague, Martinus Nijhoff, p.107-109.
- Hayes, M.H. (2002). *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*. Wileys & Sons.
- Hilton J., O'Hare M., Bowes M.J., Jones J.I. (2006). How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Science of the Total Environment* 365, 66–83.

- Horváth N. (2011). From development to sustainability? The EU Strategy for the Danube Region, 8th DRC (Danube Rectors' Conference) Summer School on Regional Co-operation, Proceedings, 85-96.
- <http://www.mathsoft.com/mathcad/library/mathconnex>, pristup 11.07.2008.
- Hwang C.L., Yoon K. (1981). Multiple Attribute Decision Making, Methods and Applications, A State of the Art Survey. Lecture Notes in Economics and Mathematical System, Springer-Verlag, Berlin.
- ICPDR, WFD Roof Report 2004 Document IC/084, 2005. Dostupno sa sajta <http://www.icpdr.org/icpdr-pages/tnmn.htm>
- Ilijević K., Gržetić I., Živadinović I., Popović A. (2011). Long-term seasonal changes of the Danube River eco-chemical status in the region of Serbia, Environmental Monitoring and Assessment, doi: 10.1007/s1066101121530.
- IPPC (1996). Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control, OJ L 257, 10.10.1996, p. 26–40.
- Ivančev-Tumbas I., Maljević E., Tamas Z., Karlović E., Dalmacija B. (2007). Organic micropollutants in the assessment of groundwater quality, Water Science and Technology 7 (3), 155-162.
- Izveštaj (2010). Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2009. godinu, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Republika Srbija, Beograd, str. 92.
- Jarić I., Višnjić-Jeftić Ž., Cvijanović G., Gačić Z., Jovanović Lj., Skorić S., Lenhardt, M. (2011). Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. Microchemical Journal, 98 (1), 77-81.
- Kannel P.R., Lee S., Lee Y.S., Kanel S.R., Khan S.P. (2007). Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. Environmental Monitoring and Assessment, 132 (1-3), 93-110.
- Katičić R. (1976). Ancient Languages of the Balkans, Part One. Paris: Mouton, p.144.

- Khalil W.A.S., Goonetilleke A., Kokot S., Carroll S. (2004). Use of chemometrics methods and multicriteria decision-making for site selection for sustainable on-site sewage effluent disposal. *Analytica Chimica Acta*, 506 (1), 41–56.
- Khan F., Husain T., Lumb A. (2003). Water quality evaluation and trend analysis in selected watersheds of the Atlantic region of Canada. *Environmental Monitoring and Assessment* 88, 221-242.
- Khan T.A. (2011). Multivariate Analysis of hydrochemical data of the groundwater in parts of Karwan – Sengar Sub - Basin, Central Ganga Basin, India. *Global NEST Journal*, 13 (3), 229-236.
- Kirschner, K.T.A., Kavka, G.G., Velimirov, B., Mach, L.R., Sommer, R., Farnleitner, H.A. (2009). Microbiological water quality along the Danube River: Integrating data from two whole-river surveys and a transnational monitoring network. *Water Research*, 43 (15), 3673-3684.
- Kolli, S., Parsaei, H.R. (1992). Multicriteria analysis in the evaluation of advanced manufacturing technology using PROMETHEE. *Computers and Industrial Engineering*, 23 (1-4), 455-458.
- Krizan, J., Miloradov, M. (1997). Water quality of Yugoslav rivers (1991–1995). *Water Research*, 31(11), 2914–2917.
- Liang X., Lettenmair D.P., Wood E.F., Burges S.J. (1994). A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. *Journal of geographical research*, Vol. 99, No. D7,
- Liou S.M., Lo S.L., Wang S.H. (2004). A generalised water quality index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment* 96, 35-32.
- Literáthy, P. (1975). Study of river pollution caused by micropollutants. *Water Research*, 9(11), 1001–1003.
- Literáthy, P., László, F. (1999). Micropollutants in the Danube river basin. *Water Science and Technology*, 40 (10), 17-26.
- Lumb A., Halliwell D., Sharma T. (2006). Application of the CCME Water quality index to monitor water quality: a case study of the Mackenzie River Basin, Canada. *Environmental Monitoring and Assessment* 113, 411-429.

- Macharis, C., Brans, J.P., Mareschal, B. (1998). The GDSS PROMETHEE procedure - a PROMETHEE-GAIA based procedure for group decision support. *Journal of Decision Systems* 7, 283-307.
- Macharis, C., Springael, J., De Brucker K., Verbeke A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research* 153, 307-317.
- Mareschal, B., Brans, J.P. (1986). PROMCALC - The PROMETHEE Software User's Guide, HWPR/034, VUB, Brussels.
- Mareschal, B., Brans, J.P. (1988). Geometrical representations for MCDA. The GAIA module. *European Journal of Operational Research* 34 (1), 69-77.
- MathSoft, Inc. (2007). *Mathcad User's Guide*; Cambridge, Massachusetts. Dostupno sa sajta <http://www.mathsot.com>.
- McClelland, N. I. (1974). *Water Quality Index Application in the Kansas River Basin*. EPA-907/9-74-001. US EPA Region VII. Kansas City, MO.
- Micić, V., Kruge, M., Körner, P., Bujalski, N., Hofmann, T. (2010). Organic geochemistry of Danube River sediments from Pančevo (Serbia) to the Iron Gate dam (Serbia–Romania). *Organic Geochemistry*, 41 (9), 971-974.
- Mihic S., Okanović I., Mihajlović M. (2010). Promotion of Environmental Protection in the Danube River Basin, *TTEM*, 5 (3) 472-483.
- Milanović A., Kovačević-Majkić J., Milivojević M. (2010). Water quality analysis of Danube River in Serbia - pollution and protection problems, *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, TOME XC-N02, 47-57.
- Mitić Zlatković M. (1995). The effect of biogeochemical factor of the environment upon some markers of early kidney dysfunction. PhD thesis, University of Niš, Niš.
- Mitková, V., Pekárová, P., Miklánek, P., Pekár, J. (2005). Analysis of flood propagation changes in the Kienstock–Bratislava reach of the Danube River. *Hydrological Sciences Journal*, 50 (4), 665–668.
- Mladenović-Ranisavljević I., Takić Lj., Damjanović Z., Vuković M., Živković N. (2012a). Correlation of water quality criteria of water of the Danube in Serbia. *Technics Technologies Education Management*, No: 25"/11-2011, Vol.8, No.1., 2/3 (in press).

- Mladenović-Ranisavljević I., Takić Lj., Vuković M., Nikolić Đ., Živković N., Milosavljević P. (2012). Multi-criteria ranking of the Danube water quality on its course through Serbia. *Serbian Journal of Management* Vol.7, No.2, doi:10.5937/sjm7-2549.
- Mladenović-Ranisavljević I., Takić Lj., Živković N., Vuković M., Damjanović Z. (2012b). Long-term changes in ten water quality parameters of the Danube in Serbia. XX International Scientific and Professional Meeting "ECOLOGICAL TRUTH" Eco-Ist'12, Zaječar. *Proceedings*, 350-355.
- Mutikanga H. E., Sharma S. K., Vairavamoorthy K. (2011). Multi-criteria decision analysis: a Strategic Planning tool for Water loss Management. *Water Resources Management* 25, 3947-3969.
- Navodaru, I., Staras, M. and Cernisencu, I. (2001), The challenge of sustainable use of the Danube Delta Fisheries, Romania. *Fisheries Management and Ecology*, (8)(4-5) (323–332). doi: 10.1111/j.1365-2400.2001.00257.x
- Negrean G., Constantin N., (1999), Noi plante adventive în flora Bucureștiului. *Acta Bot. Horti Bucurestiensis* (1998), (27) (143-146).
- Newman P.J., Nixon S.C., Rees Y.J. (1994). Surface water quality monitoring, classification, biological assessment and standards. *Water Science and Technology* 30, 1-10.
- Nikolić Đ., Milošević N., Mihajlović I., Živković Ž., Tasić V., Kovačević R., Petrović N. (2010). Multi-criteria analysis of air pollution with SO₂ and PM₁₀ in urban area around the copper smelter in Bor, Serbia. *Water Air Soil Pollut.* 206 (1-4), 369–383.
- NTIS (1978). National technical information service. Rates, constants, and kinetics formulation in surface water quality modeling, Springfield, Virginia.
- Oram B., The Water Quality index, Monitoring the Quality of Surfacewaters, Dostupno sa sajta <http://www.water-research.net/watqualindex/index.htm>, pristup 10.01.2012.
- OWQI (2005). Oregon Water Quality Index Summary Report, Water Years 1996-2005, Curtis Cude, DEQ Laboratory Division, Water Quality Monitoring Section, USA.
- Pallis M. (1916). The structure and history of plav, the floating fern of the Delta of the Danube. *J. Linn. Soc. Bot.*, (43) (233-290).
- Parparov, A., Hambright K., Hakanson L., Ostapenia A. (2006). Water Quality Quantification: Basics and Implementation. *Hydrobiologia* 560 (1), 227-237.

- Prakirake, C., Chairasert P., Tripetchkul S. (2009). Development Of Specific Water Quality Index For Water Quality Supply In Thailand. *Songklanakarian Journal of Science and Technology* 31(1), 91-104.
- Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, „Sl. glasnik RS“, br. 74/2011.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P. (2002). *Numerical Recipes in C++*. Cambridge University Press.
- Prvulović S., Tolmač D., Nikolić Đ. (2008). Primena PROMETHEE II - metode u dijagnostici uspešnosti proizvoda od gume. *Tehnička dijagnostika*, 7 (3), 23-28.
- Raju K.S., Duckstein L., Arondel C., (2000). Multicriterion Analysis for Sustainable Water Resources planning: a case study in Spain. *Water Resources Management* 14, 435-456.
- Ramač M. (2010). Dunav, svedok vremena, članak, *Evropa plus*, maj 2010. Dostupno sa sajta <http://www.emins.org/sr/publikacije/evropaplus/arhiva/serija3/1005/index.html>
- RHMZS (2010). Republički Hidrometeorološki Zavod Srbije, *Hidrološki godišnjak – 3. Kvalitet voda 2009*, Beograd.
- RZS (2009). Republički zavod za statistiku, *Bilten „Saobraćaj, skladištenje i veze za 2009.“*
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L. (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1 (1), 83–98.
- Saaty, T.L., Vargas, L.G. (1991). *Prediction, Projection and Forecasting*, Kluwer Academic, Boston.
- Saaty, T.L., Vargas, L.G. (2000). *Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Saaty, T.L., Vargas, L.G. (2006). *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*, Springer, New York.

- Sanchez E., Colmenarejo M., Vicente J., Rubio A., Garcia M., Travieso L., Borja R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators* 7 (2), 315-328.
- Saskatchewan Watershed Authority Water Quality Guide (2007). Dostupno sa sajta <http://www.swa.ca/Publications/Documents/Water Quality Guide.pdf>.
- Schmoldt, D., Kangas, J., Mendoza, G., Pesonen, M. (2001). The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making, Vol. 3 in the series *Managing Forest Ecosystems*, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Scottish Development Department (1976). *Development of a Water Quality Index*, Engineering Division, Edinburgh.
- SEPA (2004). Agencija za zaštitu životne sredine (Serbian Environmental Protection Agency), Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine, Republika Srbija. Dostupno sa sajta <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked&#metodologija>
- Somlyódy, L., Brunnerand, P.H., Kroiss, H., (1999), Nutrient balances for Danube countries: A strategic analysis. *Water Science and Technology*, 40 (10), 9–16.
- Stanić, B., Andrić, N., Zorić, S., Grubor-Lajsić, G., Kovačević, R. (2006). Assessing pollution in the Danube River near Novi Sad (Serbia) using several biomarkers in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 65 (3), 395-402.
- Stefanović V. (1998). Balkan endemic nephropathy: a need for novel etiological approaches. *Quart J Med* 91, 457-463.
- Stefanović V. (1999). Balkan endemic nephropathy: A reappraisal after forty years. *Facta Universitatis. Series: Medicine and Biology* 6 (1), 53 – 58.
- Stojić-Karanović E. (2002). Otvorena pitanja i perspektive saradnje podunavskih zemalja, *Saradnja podunavskih zemalja MP* 3, 221-252.
- Stojsavljević M. (2011). The River Danube – An Important Euromediterranean Connection, 8th DRC (Danube Rectors' Conference) Summer School on Regional Co-operation, Proceedings, 17-28.

- Strategija (2010), Strategija Evropske Unije za Dunavski region, Evropska Komisija, Brisel, COM(2010) 715/4. Dostupno sa sajta <http://www.dunavskastrategija.rs>
- Swamee, P. K., Tyagi A. (2000). Describing Water Quality with Aggregate Index. *Journal of Environmental Engineering* 126(5), 451-455.
- Takić Lj., Mladenović-Ranisavljević I., Nikolić V., Nikolić Lj., Vuković M., Živković N. (2012a). The assessment of the Danube water quality in Serbia, *Advanced technologies* 1(1), 58-66.
- Takić Lj., Mladenović-Ranisavljević I., Vuković M., Mladenović I. (2012). Evaluation of the Ecochemical Status of the Danube in Serbia in Terms of Water Quality Parameters, *The Scientific World Journal*, vol. 2012, Article ID 930737, 6 pages. doi:10.1100/2012/930737.
- Taner, M. Ü., Üstün B., Erdinçler A. (2011). A simple tool for the assessment of water quality in polluted lagoon systems: A case study for Küçükçekmece Lagoon, Turkey. *Ecological Indicators* 11(2), 749-756.
- Thielen F., Zimmermann S., Baska F., Taraschewski H., Sures B., (2004). The intestinal parasite *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) from barbel as a bioindicator for metal pollution in the Danube River near Budapest, Hungary. *Environmental Pollution*, 129 (3), 421-429.
- Uredba o kategorizaciji vodotoka, "Službeni glasnik SRS 5/68".
- Uredba o klasifikaciji voda, međudržavnih voda i voda obalnog mora Jugoslavije, "Službeni list SFRJ 6/78".
- Van Loon G.W., Duffy S.J. (2010). *Environmental Chemistry – in a Global Perspective*, 3rd edition, Oxford University Press, pp. 545.
- Vincke, Ph., Brans, J.P. (1985). A preference ranking organization method. The PROMETHEE method for MCDM. *Management Science* 31, 641-656.
- Visual Decision Inc., (2007). *Getting Started Guide*, Decision Lab 2000 – Executive Edition, Montreal, Quebec Canada.
- Vuković M., Voza D., Riznić D. (2011), Mogućnost unapređenja posebnih oblika turizma u pograničnim opštinama severoistočne Srbije, *Teme*, 4, 1455-1473.
- Walsh P., Wheeler W. (2012). *Water Quality Index Aggregation and Cost Benefit Analysis*. US Environmental Protection Agency. NCEE Working Paper Series, (Working Paper #12-05).

- Weigend G.G. (1975). The Danube River: an emerging regional bond. *Geoforum*, (6)(2), 151-161.
- Weilguni, H., Humpesch, U.H. (1999). Long-term trends of physical, chemical and biological variables in the River Danube 1957–1995: A statistical approach. *Aquat.sci.*, 61, 234–259.
- Weserink J.J., Graz W.G. (1991). Progress in surface water modeling, *Reviews of geophysics*, Supplement. U.S. National report to international union of geodesy and geophysics, 1987-1990.
- WHO (2009). World Health Organization, Environment and Health performance review, Serbia, WHO Regional Office for Europe, Denmark, 2009, p.11
- Woitke, P., Wellmitz, J., Helm, D., Kube, P., Lepom, P., Litherty, P. (2003). Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube *Chemosphere*, 51 (8), 633-642.
- Zakon o vodama, “Sl. glasnik RS”, br. 30/2010
- Zanakis, S., Solomon, H., Wishart, N., Dublisch S. (1998). Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods. *European Journal of Operational Research* 107 (3), 507–529.
- Živadinovic I., Ilijević K., Gržetić I., Popović A. (2010). Long-term changes in the eco-chemical status of the Danube River in the region of Serbia. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75 (8), 1125-1148.
- Živadinović I., Vukmirović J., Komazec G., (2012). The Danube as a development resource – perception and activities of local administration. *J. Geogr. Inst. Cvijic* 62(1) 69-88.

PRILOG 1.

MONITORING KVALITETA VODE DUNAVA (PODACI SA MERNIH STANICA) U SRBIJI ZA 2009. GODINU

Tabela 1. Podaci sa merne stanice Bezdan (ulazni profil)

Stanica:	Bezdan	Rastojanje od ušća (km):	1.425,59			Godina početka rada:	1965							
Šifra stanice:	42010	Geografska širina (s.m.s):	44 52 56			Godina kontrole kvaliteta vode:	2009							
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	25 26 29											
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L											
		Površina sliva do stanice (km ²):	25.698.748											
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												Prosek
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Datum uzorkovanja	-	04.02.	18.03.	01.04.	06.05.	17.06.	08.07.	12.08.	16.09.	22.10.	04.11.	02.12.		
Vreme uzorkovanja	hh: mm	15:00	11:30	15:00	13:30	10:30	14:30	13:00	11:30	12:00	11:00	14:00		
Temperatura vode	°C	3.2	6.2	9.1	15.8	20.9	20.7	22.4	19.7	10.4	8.5	8.1		13.2
pH	-	8.2	8.1	8.3	8.7	8.7	8.0	8.2	8.0	8.3	8.2	8.4		8.3
Elektroprovodljivost	µS/cm	518	448	469	368	351	334	358	369	443	399	473		411.8
Zasićenost vode kiseonikom	%	94	89	100	120	130	79	99	94	91	89	90		97.7
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	2.5	2.9	2.3	2.8	4.5	1.8	2.0	1.8	1.3	1.0	1.3		2.2
Suspendovane materije	mg/l	54	38	22	24	37	38	39	33	17	6	48		32.4
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.686	3.433	2.973	1.219	1.091	1.462	1.311	1.307	1.621	1.751	1.945		1.891
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.062	0.067	0.037	0.010	0.012	0.053	0.041	0.035	0.059	0.051	0.060		0.044
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.15	0.17	0.08	0.03	0.04	0.10	0.03	0.07	0.05	0.06	0.09		0.08
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100 ml	n/1l		24000	24000	500	1200	880	3800	8800	3800	24000	24000		11498

Tabela 2. Podaci sa merne stanice Apatin

Stanica:	Apatin	Rastojanje od ušća (km):	1.401							Godina početka rada:	1980			
Šifra stanice:	42060	Geografska širina (s.m.s):	45 40 10							Godina kontrole kvaliteta vode:	2009			
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	18 58 28											
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L											
		Površina sliva do stanice (km ²):	568.648											
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	01.04.	06.05.	09.06.	30.07.	12.08.	07.09.	22.10.	02.12.					
Vreme uzorkovanja	hh:mm	16:00	10:00	14:00	13:30	16:00	12:30	8:30	15:00					
Temperatura vode	°C	9.0	15.5	19.9	22.0	22.6	20.1	10.1	8.2					15.925
pH	-	8.3	8.7	8.3	8.2	8.3	8.4	8.3	8.4					8.363
Elektroprovodljivost	µS/cm	466	369	348	367	363	380	449	472					401.750
Zasićenost vode kiseonikom	%	98	116	110	93	101	109	91	89					100.875
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.9	2.6	4.1	1.7	2.8	2.3	1.7	1.9					2.500
Suspendovane materije	mg/l	12	24	38	46	20	44	9	24					27.125
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	3.034	1.241	1.224	1.604	1.292	1.261	1.710	2.336					1.713
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.038	0.010	0.023	0.059	0.093	0.022	0.053	0.067					0.046
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.05	0.02	0.02	0.07	0.04	0.02	0.04	0.07					0.041
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100 ml	n/11	9600		24000		3800		3800						10300.000

Tabela 3. Podaci sa merne stanice Bogojevo

Stanica:	Bogojevo	Rastojanje od ušća (km):		1.367,4		Godina početka rada:								
Šifra stanice:	42020	Geografska širina (s.m.s):		44 49 28		Godina kontrole kvaliteta vode:		2009						
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):		19 04 54										
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:		L										
		Površina sliva do stanice (km ²):		251593										
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	04.02.	23.02.	26.03.	21.04.	28.05.	09.06.	30.07.	10.08.	07.09.	07.10.	26.11.	23.12.	
Vreme uzorkovanja	hh:mm													
Temperatura vode	°C	3.3	1.8	6.9	14.2	18.8	19.5	22.6	22.3	20.3	18.0	8.8	2.4	13.242
pH	-	8.1	8.3	8.3	8.1	8.4	8.3	8.2	8.2	8.4	8.6	8.3	8.3	8.292
Elektroprovodljivost	μS/cm	517	554	456	368	319	328	358	363	373	397	450	449	411.000
Zasićenost vode kiseonikom	%	94	94	94	93	109	107	93	94	109	132	91	94	100.333
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.5	2.2	2.0	1.4	2.8	3.8	1.7		3.3	3.0	1.0	1.2	2.264
Suspendovane materije	mg/l	30	28	43	44	17	47	26	65	38	20	15	10	31.917
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.642	2.789	3.126	1.606	1.130	1.163	1.287	1.334	1.241	1.014	1.805	2.328	1.789
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.071	0.047	0.034	0.026	0.018	0.030	0.059	0.042	0.013	0.012	0.054	0.055	0.038
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.53	0.10	0.05	0.03	0.09	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07	0.085
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100 ml	n/11				3800		3800		3800		34000			11350.000

Tabela 4. Podaci sa merne stanice Bačka Palanka

Stanica:	Bačka Palanka	Rastojanje od ušća (km):		1298,6 km		Godina početka rada:								
Šifra stanice:	42030	Geografska širina (s.m.s):		45 15 17		Godina kontrole kvaliteta vode:		2009						
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):		19 32 14										
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:		L										
		Površina sliva do stanice (km ²):												
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	23.02.	26.03.	21.04.	28.05.	23.06.	30.07.	10.08.	24.09.	07.10.	26.11.	23.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm													
Temperatura vode	°C	1.7	6.7	15.2	19.2	19.8	22.4	22.5	18.6	17.5	9.0	2.2			14.073
pH	-	8.3	8.3	8.1	8.4	8.5	8.2	8.2	8.1	8.3	8.3	8.0		8.245
Elektroprovodljivost	µS/cm	527	462	373	311	332	350	350	348	392	445	524		401.273
Zasićenost vode kiseonikom	%	95	92	88	97	102	87	91	92	108	91	74		92.455
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	3.2	2.2	2.0	2.0	2.2	2.5	1.2	1.2	2.9	1.0	2.1		2.045
Suspendovane materije	mg/l	17	40	7	28	34	31	66		10	3	13		24.900
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.817	3.132	1.447	1.123	1.002	1.166	1.171	1.300	1.110	1.795	1.749		1.619
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.062	0.069	0.037	0.022	0.017	0.075	0.039	0.010	0.016	0.054	0.044		0.040
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.02	0.02	0.02	0.04	0.32		0.073
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11			3800		24000		24000		3800				13900.000

Tabela 5. Podaci sa merne stanice Novi Sad

Stanica:	Novi Sad	Rastojanje od ušća (km):	1.254,98											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42035	Geografska širina (s.m.s):	45 13 18											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	19 50 31												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-		25.02.	27.03.	24.04.	20.05.	16.06.	31.07.	28.08.	10.09.	30.10.	25.11.	25.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm		8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00		
Temperatura vode	°C	4.1	2.0	6.6	14.1	17.8	21.2	22.7	23.4	20.2	11.2	8.5	3.1	12.908	
pH	-	8.1	8.3	8.3	8.1	8.5	8.5	8.2	8.3	8.3	8.2	8.1	8.2	8.258	
Elektroprovodljivost	µS/cm	492	519	450	362	324	328	347	415	355	410	419	454	406.250	
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	98	91	89	108	123	88	97	94	89	87	92	95.667	
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	2.1	3.3	2.5	2.0	3.9	2.8	2.5	2.2	2.5	1.9	2.0	1.7	2.450	
Suspendovane materije	mg/l	37	30	36	25	24	24	27	16	49	10	10	5	24.417	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.785	2.418	2.849	1.521	1.062	1.012	1.286	0.641	0.957	1.631	1.700	2.239	1.675	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.073	0.053	0.054	0.034	0.018	0.056	0.053	0.042	0.032	0.048	0.060	0.063	0.049	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.16	0.08	0.05	0.03	0.05	0.02	0.04	0.08	0.07	0.03	0.06	0.09	0.063	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100 ml	n/11						500		880		3800			1727	

Tabela 6. Podaci sa merne stanice Slankamen

Stanica:	Slankamen	Rastojanje od ušća (km):	1215,5											Godina početka rada:	1992
Šifra stanice:	42040	Geografska širina (s.m.s):	45 08 24											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 16 00												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	10.02.	17.03.	14.04.	19.05.	15.06.	28.07.	27.08.	08.09.	26.10.	24.11.	24.12.			
Vreme uzorkovanja	hh:mm														
Temperatura vode	°C	4.3	6.0	12.7	18.5	21.1	22.4	23.6	20.3	12.4	8.4	3.0		13.882	
pH	-	8.2	8.0	7.8	8.6	8.6	8.3	8.4	8.3	8.3	8.2	8.3		8.273	
Elektroprovodljivost	µS/cm	490	426	386	328	319	344	350	363	413	440	467		393.273	
Zasićenost vode kiseonikom	%	94	86	70	123	124	92	118	92	95	87	91		97.455	
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.3	1.1	2.7	4.3	3.5	1.4	4.0	1.4	2.0	1.1	1.4		2.291	
Suspendovane materije	mg/l	27	15	26	42	33	32	12	28	42	13	14		25.818	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.763	3.143	1.936	0.970	0.842	1.331	0.699	1.104	1.541	1.709	2.138		1.652	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.061	0.064	0.029	0.010	0.010	0.051	0.023	0.031	0.048	0.057	0.057		0.040	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.11	0.11	0.02	0.02	0.02	0.04	0.11	0.06	0.07	0.07	0.08		0.065	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11			1200										1200.000	

Tabela 7. Podaci sa merne stanice Čenta

Stanica:	Čenta	Rastojanje od ušća (km):	1189										Godina početka rada:	1980
Šifra stanice:	92040	Geografska širina (s.m.s):	44 59 20										Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 17 52											
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D											
		Površina sliva do stanice (km ²):												
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	10.02.	17.03.	14.04.	19.05.	15.06.	28.07.	27.08.	08.09.	26.10.	24.11.	24.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	16:00	10:30	15:00	10:30	11:00	10:00	11:00	10:30	15:00	11:00	11:00		
Temperatura vode	°C	4.4	6.4	12.8	19.1	21.4	22.4	23.8	20.7	12.5	8.5	3.2		14.109
pH	-	8.2	8.1	7.8	8.7	8.6	8.3	8.3	8.2	8.3	8.2	8.3		8.273
Elektroprovodljivost	µS/cm	465	429	383	326	320	346	369	364	417	448	462		393.545
Zasićenost vode kiseonikom	%	93	88	78	133	129	95	99	89	97	89	95		98.636
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.6	1.3	2.7	2.1	3.3	2.1	3.9	1.3	1.5	1.4	2.5		2.245
Suspendovane materije	mg/l	10	18	27	18	28	33	20	26	22	4	19		20.455
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.593	2.997	1.868	0.919	0.963	1.360	1.274	1.062	1.581	1.600	2.108		1.666
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.076	0.062	0.037	0.011	0.011	0.059	0.020	0.030	0.050	0.030	0.060		0.041
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.16	0.11	0.03	0.02	0.02	0.03	0.09	0.09	0.04	0.09	0.08		0.069
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11													

Tabela 8. Podaci sa merne stanice Zemun

Stanica:	Zemun	Rastojanje od ušća (km):	1174											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42045	Geografska širina (s.m.s):	44 50 56											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 25 02												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	21.01.	20.02.	18.03.	15.04.	20.05.	17.06.	15.07.	19.08.	16.09.	21.10.	18.11.	16.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	11:30	11:00	11:00	10:30	10:00	11:00	10:30	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00		
Temperatura vode	°C	1.8	3.0	6.9	13.6	20.0	22.0	21.8	23.8	20.8	14.5	13.3	6.0		13.958
pH	-	7.9	7.9	7.7	7.4	7.6	8.1	7.5	7.9	7.9	8.0	8.0	8.1	7.833	
Elektroprovodljivost	µS/cm	426	506	430	388	351	334	321	350	363	397	383	466	392.917	
Zasićenost vode kiseonikom	%	94	98	91	99	118	106	86	86	84	92	89	87	94.167	
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l		3.3		3.0			3.7		2.3	2.6	2.0	4.5	3.057	
Suspendovane materije	mg/l	13	17	26	29	22	60	31	22	10	18	9	5	21.833	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.912	0.920	0.948	0.709	0.328	0.740	1.018	0.832	0.832	0.826	0.732	0.210	0.751	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.063	0.101	0.113	0.030	0.060		0.076	0.101	0.077	0.066	0.050	0.065	0.073	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.02	0.12	0.12	0.02	0.02	0.18	0.16	0.08	0.12	0.08	0.24	0.16	0.110	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11						2400		2400		2400			2400.000	

Tabela 9. Podaci sa merne stanice Pančevo

Stanica:	Pančevo	Rastojanje od ušća (km):	1.154,60											Godina početka rada:	1980
Šifra stanice:	42050	Geografska širina (s.m.s):	44 51 22											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 35 37												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	10.02.	17.03.	14.04.	19.05.	15.06.	28.07.	27.08.	08.08.	26.10.	24.11.	24.12.			
Vreme uzorkovanja	hh:mm	12:30	12:30	10:00	12:30	13:00	12:00	13:00	12:30	11:00	13:00	13:00			
Temperatura vode	°C	4.3	6.9	12.5	20.4	22.0	23.6	24.2	21.8	12.5	8.7	3.3		14.564	
pH	-	8.2	8.0	7.9	8.6	8.5	8.3	8.2	8.2	8.2	8.3	8.3		8.245	
Elektroprovodljivost	µS/cm	418	410	372	340	356	357	377	383	453	450	465		398.273	
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	86	84	128	112	96	100	82	88	96	90		95.727	
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	3.2	1.8	1.1	4.2	3.4	1.7	2.7	1.3	1.9	2.2	1.8		2.300	
Suspendovane materije	mg/l	47	49	16	46	78	21	10	43	8	18	12		31.636	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.891	1.922	1.630	0.822	1.021	1.293	0.721	0.859	1.241	1.408	1.849		1.332	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.070	0.042	0.038	0.013	0.032	0.066	0.039	0.040	0.055	0.069	0.055		0.047	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.15	0.16	0.11	0.02	0.02	0.04	0.10	0.11	0.08	0.14	0.10		0.094	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11			2100		24000		24000		24000				18525	

Tabela 10. Podaci sa merne stanice Beograd-Vinča

Stanica:	Beograd-Vinča	Rastojanje od ušća (km):	1145,5											Godina početka rada:	2003
Šifra stanice:	42052	Geografska širina (s.m.s):	44 46 06											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 37 33												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	21.01.	20.02.	18.03.	15.04.	20.05.	17.06.	15.07.	19.08.	16.09.	21.10.	18.11.	16.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	12:00	13:00	13:30	14:00	10:30	14:00	12:00	13:00	13:30	13:30	10:00	14:00		
Temperatura vode	°C	1.6	5.3	8.0	15.5	20.2	23.2	23.5	24.7	22.3	15.6	13.6	6.6	15.0	
pH	-	7.9	7.8	7.7	7.7	7.5	8.0	7.5	8.1	7.9	7.9	8.0	8.0	7.8	
Elektroprovodljivost	µS/cm	440	390	390	368	349	348	351	367	370	376	378	373	375.0	
Zasićenost vode kiseonikom	%	95	92	97	131	116	112	90	92	96	88	90	85	98.7	
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	2.0	2.3	2.2	3.0	2.8		2.2	2.6	2.7	1.9	2.1	4.1	2.5	
Suspendovane materije	mg/l	29	13	45	8	25	11	14	21	18	12	10	15	18.4	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.012	0.932	0.832	0.112	0.320	0.722	0.830	0.724	0.724	0.720	0.724	0.511	0.680	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.069	0.080	0.077	0.040	0.050	0.040	0.045	0.094	0.081	0.054	0.050	0.049	0.061	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.02	0.06	0.07	0.01	0.18	0.10	0.80	0.06	0.08	0.06	0.08	0.07	0.13	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11						2400		>2400		>2400			2400	

Tabela 11. Podaci sa merne stanice Smederevo

Stanica:	Smederevo	Rastojanje od ušća (km):	1.116,00											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42055	Geografska širina (s.m.s):	44 41 37											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 57 53												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	21.01.	20.02.	18.03.	15.04.	20.05.	17.06.	15.07.	19.08.	16.09.	21.10.	18.11.	16.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	14:00	16:30	17:00	12:20	14:30	17:00	14:10	16:30	16:30	15:30	13:00	16:00		
Temperatura vode	°C	1.7	5.0	7.9	15.6	20.3	23.4	23.6	24.0	22.0	15.4	13.3	6.5		14.892
pH	-	7.8	7.9	7.8	7.6	7.6	7.9	7.4	8.1	8.1	7.8	8.0	8.1	7.842	
Elektroprovodljivost	µS/cm	428	415	405	368	349	362	352	364	378	388	380	390	381.583	
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	94	94	126	109	109	95	86	97	85	91	83	96.750	
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	2.0	2.9	3.0	2.2	2.6		3.0	2.7	2.9	2.3	2.1	3.3	2.636	
Suspendovane materije	mg/l	16	16	39	7	19	21	16	15	18	18	13	10	17.333	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.116	0.930	0.840	0.810	0.211	0.826	0.524	0.520	0.828	0.826	0.728	0.813	0.748	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.085	0.057	0.083	0.030	0.040	0.058	0.036	0.062	0.085	0.096	0.050	0.045	0.061	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.02	0.07	0.08	0.01	0.03	0.10	0.92	0.06	0.08	0.04	0.06	0.13	0.133	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11						>2400		>2400		>2400			>2400	

Tabela 12. Podaci sa merne stanice Banatska Palanka

Stanica:	Banatska Palanka	Rastojanje od ušća (km):										1.076,6	Godina početka rada:		1980
Šifra stanice:	42060	Geografska širina (s.m.s):										44 49 28	Godina kontrole kvaliteta vode:		2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):										21 20 42			
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:										C			
		Površina sliva do stanice (km2):										568.648			
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	19.02.	19.03.	09.04.	21.05.	18.06.	16.07.	20.08.	15.10.	19.11.	10.12.				
Vreme uzorkovanja	hh:mm														
Temperatura vode	°C	3.6	6.7	11.7	19.5	23.3	22.8	24.5	15.9	9.6	7.9				14.550
pH	-	7.8	7.5	7.9	8.4	8.2	7.6	7.9	7.8	8.0	8.0			7.910	
Elektroprovodljivost	µS/cm	424	390	381	342	351	338	360	395	400	418			379.900	
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	87	89	103	111	68	91	81	82	84			88.700	
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	2.3	1.1	1.7	1.8	1.9	1.1	1.0	1.8	1.2	1.0			1.490	
Suspendovane materije	mg/l	21	111	37	12	13	10	20	12	31	21			28.800	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.718	2.072	1.714	0.960	0.887	1.132	1.110	1.113	1.305	1.632			1.364	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.056	0.053	0.051	0.017	0.025	0.062	0.043	0.053	0.053	0.074			0.049	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.15	0.14	0.14	0.11	0.12	0.10	0.12	0.33	0.14	0.17			0.152	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/1l	3800	24000	3800	1500	500	2400	880	3800	24000	3800			6848	

Tabela 13. Podaci sa merne stanice Veliko Gradište

Stanica:	Veliko Gradište	Rastojanje od ušća (km):	1059,2											Godina početka rada:	1968
Šifra stanice:	42045	Geografska širina (s.m.s):	44 46 06											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	21 31 30												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	26.01.	16.02.	24.03.	21.04.	19.05.	22.06.	13.07.	18.08.	22.09.	19.10.	21.11.	14.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm														
Temperatura vode	°C	5.4	4.3	8.4	15.3	21.0	23.1	22.4	25.6	21.0	12.0	11.3	5.6	14.617	
pH	-	7.6	7.6	7.7	7.2	8.1	7.5	7.3	7.7	7.8	8.1	8.1	8.1	7.733	
Elektroprovodljivost	µS/cm	465	252	414	384	369	358	350	389	385	400	401	366	377.750	
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	99	94	127	96	80	77	85	76	91	98	84	91.333	
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.1	2.6	1.6	2.0	1.6			1.6	1.0	1.0	2.2	1.5	1.720	
Suspendovane materije	mg/l	7	15	30	25	5	30	17	5	5	7	5	7	13.167	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.515	1.017	1.213	0.810	1.208	1.018	0.416	1.105	1.116	0.302	1.218	0.916	0.905	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.090	0.055	0.062	0.061	0.040	0.068	0.080	0.060	0.061	0.051	0.016	0.051	0.058	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.18	0.11	0.01	0.03	0.11	0.11	0.07	0.09	0.03	0.17	0.13	0.08	0.093	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11				880		760		3800		24000			7360.000	

Tabela 14. Podaci sa merne stanice Dobra

Stanica:	Dobra	Rastojanje od ušća (km):	1021											Godina početka rada:	1991
Šifra stanice:	42075	Geografska širina (s.m.s):	44 38 26											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	21 56 04												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	27.01.	17.02.	24.03.	21.04.	19.05.	23.06.	14.07.	18.08.	22.09.	20.10.	17.11.	15.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm														
Temperatura vode	°C	4.3	2.6	8.3	13.6	20.8	22.6	21.8	25.2	20.5	12.2	11.2	6.2	14.108	
pH	-	7.7	7.5	7.8	7.4	8.2	8.2	8.0	7.7	8.0	8.0	7.9	8.1	7.875	
Elektroprovodljivost	µS/cm	469	246	403	367	343	343	329	375	384	415	380	386	370.000	
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	92	98	133	105	110	147	95	85	78	96	86	101.417	
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.6	1.5	1.2	1.0	2.4	2.3		2.1	1.5	1.2	1.4	1.6	1.709	
Suspendovane materije	mg/l	10	10	25	35	4	2	16	3	1	8	5	11	10.833	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.305	0.917	1.312	0.813	0.806	0.829	1.217	0.905	1.325	0.504	0.318	1.116	0.864	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.095	0.042	0.076	0.054	0.031	0.047	0.038	0.060	0.061	0.070	0.018	0.056	0.054	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.21	0.04	0.08	0.03	0.13	0.01	0.02	0.01	0.15	0.12	0.06	0.06	0.077	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/1l				200		200		3800		24000			7050.000	

Tabela 15. Podaci sa merne stanice Tekija

Stanica:	Tekija	Rastojanje od ušća (km):	956,2											Godina početka rada:	1991
Šifra stanice:	42085	Geografska širina (s.m.s):	44 42 00											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	22 25 27												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	27.01.	17.02.	26.03.	21.04.	19.05.	25.06.	14.07.	20.08.	24.09.	20.10.	19.11.	17.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm														
Temperatura vode	°C	4.1	4.0	7.9	15.7	28.8	24.2	22.5	25.8	21.4	14.3	10.9	6.3		15.492
pH	-	7.7	7.7	7.6	7.5	8.2	7.7	7.3	7.5	8.1	8.2	8.0	8.1	7.800	
Elektroprovodljivost	µS/cm	467	254	399	369	327	354	340	316	377	411	413	408	369.583	
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	92	92	122	114	90	81	76	96	89	93	87	93.583	
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.5	1.7	2.2		2.2		2.0	1.6	1.7	1.0	1.9	1.3	1.810	
Suspendovane materije	mg/l	7	11	20	13	5	4	33	1	2	1	5	4	8.833	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.613	0.417	1.118	0.418	1.700	0.731	1.019	1.015	0.621	0.502	0.417	0.915	0.791	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.054	0.032	0.063	0.047	0.051	0.051	0.048	0.052	0.032	0.035	0.010	0.056	0.044	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.03	0.04	0.06	0.03	0.12	0.06	0.02	0.07	0.01	0.16	0.06	0.17	0.069	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/1l				24000		200		1500		24000			12425.000	

Tabela 16. Podaci sa merne stanice Brza Palanka

Stanica:	Brza Palanka	Rastojanje od ušća (km):	883,8											Godina početka rada:	1991
Šifra stanice:	42090	Geografska širina (s.m.s):	44 27 57											Godina kontrole kvaliteta vode:	2009
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	22 27 16												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km ²):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	29.01.	19.02.	26.03.	23.04.	21.05.	25.06.	16.07.	21.08.	24.09.	20.10.	20.11.	17.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm														
Temperatura vode	°C	3.2	3.3	7.8	14.5	21.2	24.0	19.6	26.3	21.9	14.9	9.6	7.3	14.467	
pH	-	7.7	7.4	7.7	7.5	8.1	7.9	7.3	7.6	8.0	8.2	8.0	8.1	7.792	
Elektroprovodljivost	µS/cm	463	253	408	341	340	346	339	374	378	402	400	403	370.583	
Zasićenost vode kiseonikom	%	96	91	93	137	97	100	81	80	92	90	95	86	94.833	
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	2.3	1.9	1.7	1.5	1.5		1.9	0.8	1.7	1.0	1.0	1.7	1.545	
Suspendovane materije	mg/l	39	10	17	19	4	2		2	2	1	4	2	9.273	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.818	1.010	0.825	1.103	1.314	1.031	1.326	0.608	0.839	0.200	1.120	1.017	0.934	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.086	0.083	0.068	0.047	0.040	0.054	0.080	0.088	0.024	0.029	0.010	0.057	0.056	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.31	0.02	0.12	0.04	0.18	0.05	0.05	0.01	0.05	0.09	0.14	0.18	0.103	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11				220		200		500		24000			6230.000	

Tabela 17. Podaci sa merne stanice Radujevac (izlazni profil)

Stanica:	Radujevac	Rastojanje od ušća (km):		852		Godina početka rada:		1980						
Šifra stanice:	42060	Geografska širina (s.m.s):		44 49 28		Godina kontrole kvaliteta vode:		2009						
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):		21 20 42										
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:		C										
		Površina sliva do stanice (km ²):		568.648										
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	19.02.	19.03.	09.04.	21.05.	18.06.	16.07.	20.08.	15.10.	19.11.	10.12.	28.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm													
Temperatura vode	°C	3.9	7.9	13.7	20.6	23.1	22.4	25.3	22.0	15.6	9.6	6.8			15.536
pH	-	7.8	7.7	7.5	8.1	7.1	7.2	7.5	7.7	7.9	8.0	7.9		7.673
Elektroprovodljivost	µS/cm	248	399	371	338	352	407	386	371	428	373	426		372.636
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	100	132	99	83	83	74	76	97	95	97		93.182
Biološka potrošnja kiseonika BPK-5	mg/l	1.6	2.3	1.5	1.6	1.7	1.7	2.1	1.7	2.1	3.2	1.6		1.918
Suspendovane materije	mg/l	16	30	18	2	5	14	5	2	3	8	5		9.818
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.017	1.415	0.920	1.618	0.918	0.821	1.125	1.118	0.613	0.228	1.025		0.983
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.074	0.278	0.079	0.062	0.061	0.550	0.330	0.390	0.176	0.053	0.152		0.200
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.14	0.02	0.57	0.05	0.09	0.04	0.06	0.05	0.08	0.14	0.11		0.123
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11	500		220	2000	220	220	400	220	1500	200	880		636.000

PRILOG 2.

**MONITORING KVALITETA VODE DUNAVA (PODACI SA
MERNIH STANICA) U SRBIJI ZA PERIOD OD 2005. DO 2009.
GODINE**

Tabela 18. Podaci sa merne stanice Bezdán u 2008.god.

Stanica:	Bezdán	Rastojanje od ušća (km):	1.425,59											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42010	Geografska širina (s.m.s):	44 52 56											Godina kontrole kvaliteta vode:	2008
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	25 26 29												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L												
		Površina sliva do stanice (km ²):	25.698.748												
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	09.01.	06.02.	13.03.	02.04.	7.05	11.06.	2.07	6.08	10.09	01.10.	05.11.	03.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	12:30	13:40	11:00	12:30	12:00	10:30	14:00	13:30	13:00	12:30	11:30	13:30		
Temperatura vode	°C	1.1	5.9	7.6	9.4	15.5	20.9	24.2	22.6	22.4	14.6	13.4	6.0		13.6
pH	-	7.9	7.9	8.3	8.4	8.3	7.8	8.2	8.0	8.2	8.1	8.1	7.9	8.1	
Elektroprovodljivost	µS/cm	503	447	393	417	372	301	327	336	372	393	445	460	397.2	
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	89	94	110	94	79	114	85	92	86	90	85	92.3	
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	2.2	2.7	3.2	4.0	2.3	2.4	2.4	1.1	1.5	2.6	2.0	2.4	2.4	
Suspendovane materije	mg/l	12	21	14	21	27	23	26	30	26	27	17	9	21.1	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.728	2.930	2.422	2.417	1.812	1.119	1.208	1.232	1.416	1.502	1.811	2.139	1.895	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.077	0.054	0.048	0.032	0.021	0.047	0.047	0.045	0.045	0.081	0.061	0.077	0.053	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.22	0.10	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.05	0.14	0.07	0.11	0.07	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11	24000	9600	3800	2100	3800	3800	3800	3800	3800	3800	24000	3800	7508	

Tabela 19. Podaci sa merne stanice N. Sad u 2008.god.

Stanica:	Novi Sad	Rastojanje od ušća (km):	1.254,98											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42035	Geografska širina (s.m.s):	45 13 18											Godina kontrole kvaliteta vode:	2008
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	19 50 31												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	22.01	29.02	28.03	15.04	23.05	26.06	24.07	15.08.	24.09.	23.10.	28.11.	23.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	8:10	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00		
Temperatura vode	°C	3.9	7.0	7.6	12.3	19.2	24.1	20.3	24.2	15.8	13.6	4.6	5.0		13.1
pH	-	7.8	8.3	8.0	8.5	8.4	8.5	7.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.2	8.1	
Elektroprovodljivost	µS/cm	550	487	415	427	333	311	321	340	392	423	446	410	404.6	
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	114	92	105	109	145	82	86	86	89	88	89	97.8	
Biološka potrošnja kiseonika BKP ₅	mg/l	2.8	3.2	3.5	2.7	3.5	4.8	2.6	3.0	2.3	1.3	2.1	2.7	2.9	
Suspendovane materije	mg/l	2	30	29	60	31	36	30	38	11	28	2	9	25.5	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.759	3.122	2.422	1.843	1.051	0.804	1.231	1.204	1.350	1.546	1.816	2.077	1.769	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.064	0.014	0.047	0.022	0.005	0.018	0.061	0.055	0.064	0.058	0.061	0.059	0.044	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.15	0.02	0.04	0.02	0.07	0.05	0.07	0.09	0.08	0.06	0.07	0.10	0.07	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11				1500		880		9600		1500			3370	

Tabela 20. Podaci sa merne stanice Pančevo u 2008.god.

Stanica:	Pančevo	Rastojanje od ušća (km):	1.154,60											Godina početka rada:	1980
Šifra stanice:	42050	Geografska širina (s.m.s):	44 51 22											Godina kontrole kvaliteta vode:	2008
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 35 37												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	21.01	28.02	17.03	14.04	22.05	25.06	23.07.	14.08.	23.09.	22.10.	27.11	22.12		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	13:00	12:30	13:15	14:00	12:30	9:30	12:30	10:30	13:00	12:30	13:00	14:00		
Temperatura vode	°S	3.8	6.2	10.0	12.4	19.4	23.5	21.8	24.8	15.8	15.3	6.4	5.7	13.8	
pH	-	8.0	8.3	8.2	8.0	8.2	8.3	7.7	8.0	8.0	8.1	8.0	8.2	8.1	
Elektroprovodljivost	µS/cm	535	481	352	443	371	391	360	341	413	435	503	373	416.5	
Zasićenost vode kiseonikom	%	85	109	89	96	99	118	85	94	78	88	90	89	93.3	
Biološka potrošnja kiseonika BKP – 5	mg/l	3.1	4.2	2.5	2.4	2.4	3.5	1.5	2.0		1.1	2.6		2.5	
Suspendovane materije	mg/l	16	61	220	57	38	116	27	49	39	11	27	52	59.4	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.277	2.023	1.757	1.588	1.123	1.013	1.067	1.185	1.177	1.307	1.488	1.843	1.487	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.078	0.020	0.035	0.035	0.009	0.023	0.052	0.033	0.057	0.059	0.058	0.056	0.043	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.28	0.06	0.10	0.03	0.10	0.14	0.09	0.08	0.10	0.08	0.12	0.13	0.11	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/1l				1200		2400		9600		24000			9300	

Tabela 21. Podaci sa merne stanice Smederevo u 2008.god

Stanica:	Smederevo	Rastojanje od ušća (km):	1.116,00											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42055	Geografska širina (s.m.s):	44 41 37											Godina kontrole kvaliteta vode:	2008
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 57 53												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	16.01	20.02.	19.03.	16.04.	21.05.	18.06.	16.07.	20.08.	17.09.	15.10.	19.11.	17.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	14:00	16:30	17:00	12:20	14:30	17:00	14:10	16:30	16:30	15:30	13:00	16:00		
Temperatura vode	°S	5.6	5.9	9.6	12.3	20.9	22.0	25.0	25.6	18.3	17.1	10.5	5.8		14.883
pH	-	8.0	8.1	7.8	8.0	7.9	7.5	7.8	7.7	7.7	7.5	7.7	8.0	7.808	
Elektroprovodljivost	µS/cm	436	424	378	427	393	336	339	372	400	420	441	336	391.833	
Zasićenost vode kiseonikom	%	101	97	93	94	94	87	93	93	101	120	83	91	95.583	
Biološka potrošnja kiseonika BKP – 5	mg/l	3.6	3.3	2.7	2.1	2.5	2.9	3.0		3.0		2.0		2.789	
Suspendovane materije	mg/l	21		48	18	21	14	83		23	12	5	39	28.400	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.050	0.918	0.220	1.114	0.811	0.718	0.112	1.012	0.813	0.210	0.708	1.209	0.825	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.073	0.047	0.140	0.090	0.070	0.089	0.041	0.070	0.060	0.040	0.076	0.074	0.073	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.01	0.05	0.08	0.20	0.08	0.21	0.09	0.12	0.18	0.13	0.06	0.15	0.113	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11				2400		2400				2400		2400	2400	

Tabela 22. Podaci sa merne stanice Radujevac u 2008.god

Stanica:	Radujevac	Rastojanje od ušća (km):				Godina početka rada:				1965					
Šifra stanice:	42095	Geografska širina (s.m.s):				44 15 45				Godina kontrole kvaliteta vode:				2008	
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):				22 41 10									
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:				D				Prosečan višegodišnji proticaj:					
		Površina sliva do stanice (km2):								Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												Prosek	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Datum uzorkovanja	-	30.01.	20.02.	21.03.	23.04.	23.05.	25.06.	30.07.	27.08.	24.09.	22.10.	19.11.	17.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	12:15	11:00	12:00	10:00	10:30	13:00	12:00	12:00	11:30	11:30	10:00	10:30		
Temperatura vode	°S	4.7	4.0	8.8	13.8	20.4	23.8	23.8	24.3	18.7	15.3	11.2	5.9		14.6
pH	-	8.0	8.0	7.9	7.8	7.7	7.7	7.4	7.5	7.9	7.9	7.9	7.9		7.8
Elektroprovodljivost	µS/cm	488	460	379	397	384	329	357	366	393	449	314	421		394.8
Zasićenost vode kiseonikom	%	95	92	83	84	94	76	83	77	77	80	87	89		84.8
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l	3.9		3.5	1.6			1.3	3.3	2.9	1.1	1.1	1.5		2.2
Suspendovane materije	mg/l	5	14	24	26	2	7	10	7	3	3	2	16		9.9
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.725	0.010	1.707	1.319	1.129	1.220	0.830	0.614	1.042	1.420	0.612	1.119		0.979
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.027	0.079	0.114		0.105	0.268	0.185				0.108	0.050		0.117
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.19	0.14	0.12	0.09	0.07	0.07	0.09	0.44	0.12	0.17	0.24	0.35	0.17	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 1l	n/1l	200	220	760	2000	200	1200	500	220	220		220	500	567	

Tabela 23. Podaci sa merne stanice Bezdan u 2007.god

Stanica:	Bezdan	Rastojanje od ušća (km):	1.425,59											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42010	Geografska širina (s.m.s):	44 52 56											Godina kontrole kvaliteta vode:	2007
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	25 26 29												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L												
		Površina sliva do stanice (km2):	25.698.748												
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	10.01	07.02.	13.03	11.04	09.05.	06.06.	04.07.	08.08.	12.09.	03.10.	07.11.	05.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	15:00	13:00	15:00	14:30	13:30	10:30	14:30	14:00	14:15	12:30	10:30	12:30		
Temperatura vode	°S	5.5	5.7	8.9	13.5	18.3	21.1	23.9	24.4	14.3	16.0	9.1	4.6		13.8
pH	-	7.8	8.2	7.9	8.4	8.3	8.3	8.4	8.4	7.9	7.8	8.1	8.1	8.1	
Elektroprovodljivost	µS/cm	504	406	384	391	369	335	332	359	308	368	433	443	386.0	
Zasićenost vode kiseonikom	%	93	91	93	151	125	120	134	141	91	90	90	88	108.9	
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l	3.8	2.3	1.7	5.7	2.8	2.1	3.5	5.7		1.3	1.4	1.6	2.9	
Suspendovane materije	mg/l	7	22	31	36	68	8	22	39		23	17	12	25.9	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.534	2.705	2.722	1.758	1.076	0.912	1.140	0.908	1.364	1.419	1.906	2.252	1.725	
Ortofosfati (PO ₄ -R)	mg/l	0.068	0.067	0.054	0.005	0.004	0.024	0.011	0.008	0.038	0.043	0.051	0.066	0.037	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.20	0.11	0.09	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02	0.10	0.06	0.04	0.07	0.07	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11	3800	22		500	1500	220	500	1500	3800	24000	24000	3800	5786	

Tabela 24. Podaci sa merne stanice Novi Sad u 2007.god

Stanica:	Novi Sad	Rastojanje od ušća (km):	1.254,98											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42035	Geografska širina (s.m.s):	45 13 18											Godina kontrole kvaliteta vode:	2007
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	19 50 31												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												Prosek	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Datum uzorkovanja	-	11.01.	14.02	16.03	18.04	10.05	15.06.	05.07.	09.08.	13.09.	10.10.	08.11.	12.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	8:30	8:15	8:30	8:00	8:00	8:00	8:20	8:00	8:30	8:00	8:00	8:00		
Temperatura vode	°C	5.4	6.2	9.3	14.2	18.2	24.1	22.6	23.7	15.3	15.7	8.9	4.6		14.017
pH	-	7.8	7.9	7.9	8.3	7.9	8.0	8.4	8.4	7.9	7.8	8.1	8.1		8.042
Elektroprovodljivost	µS/cm	499	444	402	379	359	363	339	342	343	362	459	431		393.500
Zasićenost vode kiseonikom	%	73	89	87	118	89	86	92	114	79	82	87	86		90.167
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l		2.6	3.0	4.8			3.6	3.9	3.0	1.5	2.0	1.8		2.911
Suspendovane materije	mg/l	6	11	18	34	63	10	10	22	65	20	14	26		24.917
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.724	2.664	2.578	1.526	0.921	1.349	0.938	0.770	1.372	1.392	1.654	1.147	1.503	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.077	0.740	0.060	0.021	0.016	0.045	0.035	0.019	0.052	0.048	0.046	0.059	0.102	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.20	0.08	0.09	0.05	0.12	0.12	0.07	0.10	0.10	0.05	0.03	0.10	0.093	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11				2100									2100	

Tabela 25. Podaci sa merne stanice Pančevo u 2007.god

Stanica:	Pančevo	Rastojanje od ušća (km):	1.154,60										Godina početka rada:	1980
Šifra stanice:	42050	Geografska širina (s.m.s):	44 51 22										Godina kontrole kvaliteta vode:	2007
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 35 37											
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L											
		Površina sliva do stanice (km2):												
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	24.01.	12.02	06.03.	02.04.	08.05.	04.06.	05.07.	28.08.			01.11.	25.12.	
Vreme uzorkovanja	hh:mm	13:00	11:15	10:00	11:30	10:30	12:00	9:40	11:00			11:00	13:00	
Temperatura vode	°C	6.2	5.1	6.5	10.7	18.2	23.8	24.1	25.5			10.4	2.1		13.260
pH	-	7.6	7.9	8.0	7.9	8.3	7.9	8.3	8.2			7.9	7.9	7.990
Elektroprovodljivost	µS/cm	288	376	381	399	380	335	355	367			419	452	375.200
Zasićenost vode kiseonikom	%	90	89	76	93	121	98	82	104			81	84	91.800
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l	4.1	1.9	1.0	1.8	1.1	3.9	3.9	3.3			1.1	1.5	2.360
Suspendovane materije	mg/l	82	29	80	80	34	29	44	11			45	3	43.700
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.726	1.788	1.589	1.798	0.865	0.348	0.845	0.879			1.206	2.075	1.312
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.052	0.077	0.052	0.045	0.006	0.023	0.024	0.021			0.055	0.059	0.041
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.16	0.15	0.10	0.06	0.06	0.07	0.10	0.13			0.08	0.17	0.108
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11													

Tabela 26. Podaci sa merne stanice Smederevo u 2007.god

Stanica:	Smederevo	Rastojanje od ušća (km):	1.116,00											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42055	Geografska širina (s.m.s):	44 41 37											Godina kontrole kvaliteta vode:	2007
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 57 53												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	03.01.	07.02.	07.03.	04.04.	03.05.	06.06.	04.07.	02.08.	05.09.	10.10.	01.11.	19.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	14:00	16:00	13:30	20:00	14:00	20:00	16:00	16:30	15:00	15:00	10:00	16:00		
Temperatura vode	°C	5.0	6.4	9.3	11.0	19.3	22.5	27.3	27.0	24.3	17.3	10.1	4.8		15.4
pH	-	8.2	7.9	8.2	8.0	7.7	7.6	7.9	7.8	7.9	7.9	7.8	8.1	7.9	
Elektroprovodljivost	µS/cm	564	427	415	404	412	362	387	380	376	368	407	392	407.8	
Zasićenost vode kiseonikom	%	94	95	84	96	86	63	61	96	104	101	83	88	87.6	
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l	1.0	2.0	1.4		2.0	1.6	2.0	2.9	2.6		2.0	1.6	1.9	
Suspendovane materije	mg/l	40	28	47	18	18	8	5	3	11	18	11	20	18.9	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.824	1.929	1.320	0.418	1.490	0.827	1.438	0.400	1.271	1.634	1.590	1.740	1.240	
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l	0.144	0.072	0.116	0.058	0.061	0.061	0.105	0.054	0.060	0.061	0.056	0.048	0.075	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.05	0.29	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.16	0.05	0.42	0.01	0.09	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11					2400			24000			24000		16800	

Tabela 27. Podaci sa merne stanice Radujevac u 2007.god

Stanica:	Radujevac	Rastojanje od ušća (km):					Godina početka rada:					1965		
Šifra stanice:	42095	Geografska širina (s.m.s):					44 15 45					Godina kontrole kvaliteta vode:		2007
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):					22 41 10							
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:					D					Prosečan višegodišnji proticaj:		
		Površina sliva do stanice (km2):										Merodavna mala voda Q ₉₅ :		
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	24.01.	21.02.	16.03.	16.04.	23.05.	28.06.	25.07.	22.08.	26.09.	24.10.	21.11.	27.12.	
Vreme uzorkovanja	hh:mm	11:00	16:10	13:00	14:00		11:00	12:00	10:30	12:15	10:00		10:50	
Temperatura vode	°C	5.7	6.8	10.2	15.4	20.9	26.3	24.1	25.1	16.9	13.5		3.6		15.3
pH	-	7.3			8.3	7.4	7.5	7.5	8.1	7.7	7.8			7.7
Elektroprovodljivost	µS/cm	486	499	417	450	407	434	362	347	361	394		400	414.3
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	104	98	134	87	76	94	68	93	74		79	90.8
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l		3.5	2.0	2.0	1.0		5.2	1.9	2.1			1.3	2.4
Suspendovane materije	mg/l		16	11	2	16	2	5	3	9	3		22	8.9
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.221	2.075	2.200	0.120	0.729	1.142	0.613	1.138	1.404	1.019		1.860	1.138
Ortofosfati (PO ₄ -N)	mg/l		0.073	0.099	0.008	0.546	0.366	0.380	0.119	0.056	0.160		0.077	0.188
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.37	0.01	0.01	0.01	0.35	0.25	0.14	0.06	0.09	0.07		0.01	0.12
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11	880				1500			2100	880	1500			1372

Tabela 28. Podaci sa merne stanice Bezdan u 2006.god

Stanica:	Bezdan	Rastojanje od ušća (km):	1.425,59											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42010	Geografska širina (s.m.s):	44 52 56											Godina kontrole kvaliteta vode:	2006
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	25 26 29												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L												
		Površina sliva do stanice (km2):	25.698.748												
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupe parametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	11.01.	08.02.	08.03.	25.04.	31.05.	29.06.	31.07.	31.08.	28.09.	31.10.	29.11.	26.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	13:00	13:00	13:00	15:00	15:00	14:00	13:30	14:30	10:30	15:00	11:30	14:30		
Temperatura vode	°C	2.2	0.3	3.8	13.8	16.2	24.6	26.8	18.5	19.1	11.4	8.7	4.7		12.5
pH	-	8.0	8.0	8.0	8.1	7.9	8.3	8.0	8.1	8.4	8.2	8.0	7.9	8.1	
Elektroprovodljivost	µS/cm	528	573	558	390	372	362	339	360	378	436	430	498	435.3	
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	96	89	112	91	118	101	126	131	96	91	90	102.5	
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l	1.6	2.2	2.5	2.8	1.9	4.0	4.0	3.4	4.4	2.1	1.4	1.7	2.7	
Suspendovane materije	mg/l	13	17	10	24	1	54	12	18	27	6	7	2	15.9	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	3.136	2.713	3.132	2.490	1.529	0.942	0.874	1.380	1.111	1.575	1.760	2.435	1.923	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.081	0.055	0.091	0.023	0.033	0.005	0.007	0.021	0.009	0.042	0.066	0.076	0.042	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.38	0.27	0.39	0.14	0.17	0.16	0.09	0.11	0.12	0.08	0.27	0.22	0.20	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11		3800	3800										3800	

Tabela 29. Podaci sa merne stanice Novi Sad u 2006.god

Stanica:	Novi Sad	Rastojanje od ušća (km):	1.254,98											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42035	Geografska širina (s.m.s):	45 13 18											Godina kontrole kvaliteta vode:	2006
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	19 50 31												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												Prosek	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Datum uzorkovanja	-	12.01.	14.02	17.03.	11.04.	18.05.	15.06.	18.07.	08.08.	08.09.	10.10.	14.11.	12.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	9:00	8:30	8:30	8:00	8:00	9:00	9:00	11:20	9:00	9:00	8:30	9:00		
Temperatura vode	°C	2.0	0.8	3.7	9.6	17.1	16.6	24.2	22.6	19.7	17.2	8.2	8.2		12.5
pH	-	7.9	7.9	7.9	7.8	8.2	7.8	8.0	7.9	8.0	8.1	8.1	7.9		8.0
Elektroprovodljivost	µS/cm	505	617	551	364	418	389	355	314	367	374	450	463		430.6
Zasićenost vode kiseonikom	%	88	100	90	77	97	87	102	95	104	104	88	82		92.8
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l	2.9	4.2	3.7	1.9	3.9	2.5	3.9	4.0	2.4	3.1	1.9	3.0		3.1
Suspendovane materije	mg/l	17	44	20	17	8	15	32	30	32	30	24	10		23.3
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.645	2.519	2.059	2.878	1.461	2.032	0.877	0.665	1.274	1.168	1.805	1.892		1.773
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.080	0.055	0.063	0.045	0.033	0.039	0.047	0.013	0.032	0.031	0.054	0.069		0.047
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.47	0.27	0.32	0.34	0.18	0.14	0.22	0.18	0.16	0.23	0.23	0.24	0.25	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11										24000			24000	

Tabela 30. Podaci sa merne stanice Pančevo u 2006.god

Stanica:	Pančevo	Rastojanje od ušća (km):	1.154,60										Godina početka rada:	1980
Šifra stanice:	42050	Geografska širina (s.m.s):	44 51 22										Godina kontrole kvaliteta vode:	2006
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 35 37											
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L											
		Površina sliva do stanice (km2):												
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												Prosek
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Datum uzorkovanja	-	23.01.	23.02	30.05.	26.06.	25.07.	14.08.	18.09.	10.10.	13.11.	25.12.			
Vreme uzorkovanja	hh:mm	12:30	11:50	13:00	12:00	13:00	11:30	13:00	13:30	13:00	12:30			
Temperatura vode	°C	1.2	3.0	18.6	24.6	27.6	22.6	19.7	19.0	8.6	4.6			
pH	-	7.9	8.0	7.8	7.8	8.3	7.9	8.4	8.4	8.3	7.8			
Elektroprovodljivost	µS/cm	537	647	423	403	382	379	380	420	494	502			
Zasićenost vode kiseonikom	%	88	87	82	73	119	87	117	111	93	81			
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l	2.7	2.9	3.2	3.1	4.0	1.4	3.8	3.3	3.0	1.8			
Suspendovane materije	mg/l	47	8	36	40	95	24	108	3	16	6			
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.399	0.736	1.167	0.817	0.832	1.101	0.967	0.964	1.335	1.831			
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.083	0.065	0.053	0.055	0.023	0.059	0.038	0.038	0.039	0.073			
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.57	0.69	0.10	0.38	0.18	0.10	0.20	0.12	0.14	0.26			
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100Ml	n/11				3800				24000					

Tabela 31. Podaci sa merne stanice Smederevo u 2006.god

Stanica:	Smederevo	Rastojanje od ušća (km):	1.116,00											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42055	Geografska širina (s.m.s):	44 41 37											Godina kontrole kvaliteta vode:	2006
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 57 53												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	04.01.	01.02.	08.03.	05.04.	03.05.	08.06.	05.07.	02.08.	06.09.	19.10.	07.11.	06.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	15:00	10:30	18:30	16:00	16:00	16:20	16:40	16:10	20:30	15:30	13:50	15:00		
Temperatura vode	°C	5.8	3.5	4.2	11.0	15.4	14.9	23.8	28.1	20.2	14.8	11.6	10.4		13.6
pH	-	8.0	7.9	8.3	7.8	7.9	7.7	7.7	7.5	8.1	7.9	7.9	7.8	7.9	
Elektroprovodljivost	µS/cm	392	410	548	376	418	326	397	403	394	481	483	463	424.3	
Zasićenost vode kiseonikom	%	103	122	100	85	88	79	74	106	98	102	147	141	103.8	
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l	2.0	2.1	2.9	3.4	4.1				2.7	2.1	2.2	2.5	2.7	
Suspendovane materije	mg/l	31	79		54	6	43	29	38	54	67		22	42.3	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.750	2.020	1.970	2.370	1.420	1.020	1.330	0.860	1.470	0.950	2.150	2.690	1.667	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.058	0.114	0.053	0.058	0.040	0.045	0.062	0.047	0.041	0.056	0.066	0.141	0.065	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05	0.07	0.11	0.09	0.02	0.04	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11										2400			2400.00	

Tabela 32. Podaci sa merne stanice Radujevac u 2006.god

Stanica:	Radujevac	Rastojanje od ušća (km):				Godina početka rada: 1965								
Šifra stanice:	42095	Geografska širina (s.m.s): 44 15 45				Godina kontrole kvaliteta vode: 2006								
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s): 22 41 10												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu: D				Prosečan višegodišnji proticaj:								
		Površina sliva do stanice (km2):				Merodavna mala voda Q ₉₅ :								
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	26.01.	22.02.	22.03.		24.05.	21.06.	26.07.	16.08.	28.09.	31.10.	29.11.	21.12.	
Vreme uzorkovanja	hh:mm	11:20	11:00	12:00		12:30	13:00	13:00	13:00	14:00	14:00	11:00	15:30	
Temperatura vode	°C	2.3	1.5	6.4		19.8	19.7	26.6	25.8	19.3	14.5	8.8	7.0		13.8
pH	-	7.5	7.9	7.6		7.7	7.9	7.9	7.8			7.9		7.8
Elektroprovodljivost	µS/cm	481	498	423		403	362	405	435	493	539	443	485	451.5
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	98	99		80	83	84	80	115	126	83	84	93.1
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l	5.3	2.0	2.3		1.6	3.8	1.0		2.6		2.2	0.9	2.4
Suspendovane materije	mg/l	3				13	22		9	1	2	3	25	9.8
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.433		0.021		1.129	1.413	2.076	0.725	1.453	3.933	0.927	3.213	1.732
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.101				0.050	0.083	0.098	0.082	1.480	0.090	0.080	0.271	0.259
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.02		0.16		0.01	0.05	0.20	0.15	0.03	0.12	0.11	0.01	0.09
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11		880	1500		24000		200	880					5492

Tabela 33. Podaci sa merne stanice Bezdan u 2005.god

Stanica:	Bezdan	Rastojanje od ušća (km):	1.425,59											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42010	Geografska širina (s.m.s):	44 52 56											Godina kontrole kvaliteta vode:	2005
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	25 26 29												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L												
		Površina sliva do stanice (km2):	25.698.748												
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	12.01.	09.02.	21.03.	25.04.	24.05.	08.06.	13.07.	10.08.	14.09.	12.10.	09.11.	14.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	13:00		15:00	15:00	15:00		13:30	14:30	10:30	15:00	11:30	14:30		
Temperatura vode	°C	3.6	0.3	7.2	13.8	16.8	19.5	20.4	20.4	21.4	16.0	10.3	3.5		12.767
pH	-	8.1	8.1	8.6	8.1	8.3	8.5	8.1	8.1	8.2	8.5	8.5	8.1	8.267	
Elektroprovodljivost	µS/cm	460	458	453	342	335	314	301	358	354	362	354	478	380.750	
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	94	116	96	114	112	90	101	96	127	110	89	103.000	
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l	1.7	3.0	3.5	4.5	3.1	3.0	1.7	3.0	2.8	3.3	4.5	2.5	3.050	
Suspendovane materije	mg/l	8	6	49	54	48	38	35	19	50	45	22	22	33.000	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	3.260	3.240	2.626	2.078	1.614	1.109	1.246	1.395	1.611	1.336	1.642	2.393	1.963	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.068	0.071	0.005	0.012	0.005	0.005	0.039	0.031	0.018	0.011	0.011	0.068	0.029	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.21	0.24	0.13	0.17	0.19	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.02	0.17	0.108	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/1l	1500	24000				2400	2700	220	24000	220	2400	200	6404	

Tabela 34. Podaci sa merne stanice Novi Sad u 2005.god

Stanica:	Novi Sad	Rastojanje od ušća (km):	1.254,98											Godina početka rada:	1965
Šifra stanice:	42035	Geografska širina (s.m.s):	45 13 18											Godina kontrole kvaliteta vode:	2005
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	19 50 31												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	D												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Redni broj uzorkovanja															
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek	
Datum uzorkovanja	-	12.01.	17.02	10.03.	08.04.	05.05.	07.06.	13.07.	16.08.	15.09.	14.10.	10.11.	13.12.		
Vreme uzorkovanja	hh:mm	8:15	8:30	8:30	8:00	8:00	9:00	9:00	11:20	9:00	9:00	8:30	9:00		
Temperatura vode	°C	3.6	0.8	2.4	11.0	15.4	19.6	21.2	20.4	21.0	14.0	9.4	4.6		12.0
pH	-	8.1	8.1	8.0	8.0	8.1	8.3	8.0	8.1	8.0	8.0	8.3	8.0	8.1	
Elektroprovodljivost	µS/cm	426	450	465	340	341	309	288	328	350	319	413	450	373.3	
Zasićenost vode kiseonikom	%	90	92	91	92	99	91	83	98	81	92	95	87	90.9	
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l	2.3	3.3	2.1	2.5	2.4		2.1	2.0	1.1	1.8			2.2	
Suspendovane materije	mg/l	10	20	42	44	24	9	27	9	32	2	2	22	20.3	
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.563	2.790	3.118	2.323	2.247	1.115	0.970	1.198	1.522	1.016	1.518	2.446	1.902	
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.073	0.054	0.058	0.069	0.049	0.067	0.040	0.044	0.045	0.040	0.033	0.086	0.055	
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.32	0.09	0.22	0.38	0.19	0.30	0.16	0.23	0.19	0.21	0.24	0.53	0.26	
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11				3800				24000		2100			9967	

Tabela 35. Podaci sa merne stanice Pančevo u 2005.god

Stanica:	Pančevo	Rastojanje od ušća (km):	1.154,60											Godina početka rada:	1980
Šifra stanice:	42050	Geografska širina (s.m.s):	44 51 22											Godina kontrole kvaliteta vode:	2005
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):	20 35 37												
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L												
		Površina sliva do stanice (km2):													
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												Prosek	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Datum uzorkovanja	-	23.03.		25.05	23.06	27.07	15.08	12.10.	23.11.	22.12.					
Vreme uzorkovanja	hh:mm	12:30		13:00	12:00	13:00	11:30	13:00	13:30	13:00					
Temperatura vode	°C	8.6		17.6	23.2	23.0	22.6	16.0	6.2	2.8			15.0		
pH	-	8.5		7.9	7.9	7.9	7.9	8.1	7.8	7.8			8.0		
Elektroprovodljivost	µS/cm	493		331	339	350	373	401	454	476			402.1		
Zasićenost vode kiseonikom	%	103		78	79	79	88	92	79	84			85.3		
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l	3.7		1.1	2.5	2.0	2.0	1.4	2.1	1.9			2.1		
Suspendovane materije	mg/l	157		35	169	130	153	18	28	37			90.9		
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	2.216		0.940	0.622	1.021	1.375	1.112	1.555	2.081			1.365		
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.029		0.055	0.059	0.076	0.073	0.048	0.078	0.078			0.062		
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.36		0.31	0.32	0.22	0.47	0.20	0.34	0.35			0.32		
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11						3800	24000					13900		

Tabela 36. Podaci sa merne stanice Smederevo u 2005.god

Stanica:	Smederevo	Rastojanje od ušća (km):		1.116,00		Godina početka rada:		1965						
Šifra stanice:	42055	Geografska širina (s.m.s):		44 41 37		Godina kontrole kvaliteta vode:		2005						
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):		20 57 53										
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:		D										
		Površina sliva do stanice (km2):												
Redni broj uzorkovanja														
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prosek
Datum uzorkovanja	-	05.01.	02.02.	02.03.	06.04.	04.05.	01.06.	06.07.	03.08.	07.09.	05.10.	02.11.	07.12.	
Vreme uzorkovanja	hh:mm	14:00	16:30	17:00	12:20	14:30	17:00	14:10	16:30	16:30	15:30	13:00	16:00	
Temperatura vode	°C	6.2	1.8	3.0	11.0	15.2	22.0	22.2	26.6	21.3	17.5	12.3	6.2		13.775
pH	-	8.1	8.0	8.0	8.0	8.3	8.1	8.0	8.1	8.2	8.0	8.0	8.1	8.075
Elektroprovodljivost	µS/cm	352	432	444	420	380	418	403	349	397	428	456	330	400.750
Zasićenost vode kiseonikom	%	90	95	90	95	94	103	79	69	88	86	94	106	90.750
Biološka potrošnja kiseonika BKP - 5	mg/l	1.6	1.7	3.2	2.4	2.2	3.8	2.4	2.0	2.5	3.2	3.0	2.0	2.500
Suspendovane materije	mg/l	8	4	20		19	5	9	2	31	24	8	19	13.545
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	0.168	1.069	1.830	0.175	1.570	1.494	0.920	1.420	1.463	1.470	1.810	2.270	1.305
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.029	0.056	0.055	0.042	0.076	0.070	0.088	0.073	0.066	0.058	0.064	0.174	0.071
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	0.13	0.01	0.52	0.09	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.17	0.01	0.09
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11				2400		2400							2400

Tabela 37. Podaci sa merne stanice Radujevac u 2005.god.

Stanica:	Radujevac	Rastojanje od ušća (km):						Godina početka rada:						1965		
Šifra stanice:	42095	Geografska širina (s.m.s):						44 15 45						Godina kontrole kvaliteta vode:		2005
Reka:	Dunav	Geografska dužina (s.m.s):						22 41 10								
Sliv:	Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:						D						Prosečan višegodišnji proticaj:		
		Površina sliva do stanice (km2):														
Naziv grupeparametara/ naziv parametara	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												Prosek		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Datum uzorkovanja	-	26.01.	24.02.	23.03.	20.04.	25.05.	22.06.	20.07.	24.08.	21.09.	26.10.	23.11.	21.12.			
Vreme uzorkovanja	hh:mm	10:30			10:30	10:30	10:00	10:00	11:00	10:00	11:30	10:00	12:00			
Temperatura vode	°C	2.4	2.4	6.4		17.0	30.0	22.9	21.7	20.3	13.1	7.5	4.4	13.5		
pH	-	7.5	8.1	8.0	7.8	8.1	8.0	8.0	8.3	7.3	8.2	8.2	7.7	7.9		
Elektroprovodljivost	μS/cm		390	436	353	370	407	407	418	418	420	446	411	406.9		
Zasićenost vode kiseonikom	%	99	102	105	105	92	82	76	69	77	84	103	89	90.3		
Biološka potrošnja kiseonika BPK - 5	mg/l		3.5					2.3	3.0	3.4	1.5	2.5	5.5	3.1		
Suspendovane materije	mg/l	3	1	33	64	19	10	17	15	15	3	3	9	16.0		
Ukupna jedinjenja azota	mg/l	1.321	1.270	0.011	1.673	1.530	1.344	1.370	1.290	1.334	1.281	1.590	1.698	1.309		
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	0.015	0.077	0.073	0.053	0.031	0.081	0.046	0.054	0.074	0.045	0.040	0.050	0.053		
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l		0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.02		
Najverovatniji broj koliformnih klica u 100ml	n/11	2400		2400	2400	500	1600	3800	1200	2100	1500	50	1500	1768		

BIOGRAFIJA



Ivana Mladenović-Ranisavljević rođena je 15. januara 1982. godine u Leskovcu, gde je završila osnovnu školu, gimnaziju i srednju muzičku školu. Diplomirala je na Fakultetu organizacionih nauka u Beogradu 2007. godine. Nakon toga, 2009. godine završila je master akademske studije na istom fakultetu, sa prosečnom ocenom 9,14 i stekla zvanje diplomirani inženjer organizacionih nauka – master iz oblasti menadžmenta. Doktorske akademske studije na Tehničkom fakultetu u Boru, na studijskom programu Inženjerski menadžment, upisala je školske 2009/2010. godine.

Poseduje i radno iskustvo. Radila je kao saradnik u nastavi na Visokoj poslovnoj školi strukovnih studija u Leskovcu, na predmetima: „Osnovi menadžmenta“, „Preduzetništvo“ i „Preduzetnički menadžment“, u periodu od 2008. do 2010. godine. Zatim je radila na Visokoj strukovnoj školi za tekstil u Leskovcu, kao saradnik u nastavi na predmetu „Računarske tehnike“.

Od 9. februara 2011. godine angažovana je kao istraživač-pripravnik Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije u realizaciji projekta „Biljni i sintetički bioaktivni proizvodi novije generacije“, ev. br. TR 34012. Iste, 2011. godine, na Tehnološkom fakultetu u Leskovcu izabrana je u zvanje istraživač-saradnik. Do sada ima četiri objavljena rada u međunarodnim časopisima sa SCI liste, od čega su dva proistekla iz disertacije, kao i jedan rad u časopisu kategorije M24. Takođe ima i sedam objavljenih radova u časopisima nacionalnog značaja (M50) od kojih su dva proistekla iz disertacije.

Radovi proistekli iz rezultata istraživanja u okviru disertacije:

Rad u vodećem časopisu međunarodnog značaja (M-21)

1. Ljiljana Takić, Ivana Mladenović-Ranisavljević, Milovan Vuković, Ilija Mladenović, Evaluation of the Ecochemical Status of the Danube in Serbia in Terms of Water Quality Parameters, *The Scientific World Journal*, 2012, Research Article 930737, 6 pages, doi:10.1100/2012/930737, **IF (2010) 1.524**

Rad u časopisu međunarodnog značaja (M-23)

1. Ivana Mladenović-Ranisavljević, Ljiljana Takić, Zvonko Damjanović, Milovan Vuković, Nenad Živković, Correlation of water quality criteria of water of the Danube in Serbia, *Technics Technologies Education Management*, No: 25"/11-2011, Vol.8, No.1., 2/3,2013, (*in press*), **IF (2010) 0.256**

Rad u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom (M-24)

1. Ivana Mladenović-Ranisavljević, Ljiljana Takić, Milovan Vuković, Đorđe Nikolić, Nenad Živković, Peđa Milosavljević, Multicriteria ranking of the Danube water quality on its course through Serbia, *Serbian Journal of Management* Vol.7, No.2 (2012), doi:10.5937/sjm7-2549, (*in press*).

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u celini (M-33)

1. Ivana Mladenović-Ranisavljević, Lj. Takić, N. Živković, M. Vuković, Z. Damjanović, Long-term changes in ten water quality parameters of the Danube in Serbia, XX International Scientific and Professional Meeting "Ecological Truth", Eco-Ist'12, Zaječar, Serbia, 30 May–02 June 2012, Proceedings, p. 350-355.
2. Ivana Mladenović-Ranisavljević, Ljiljana Takić, Milovan Vuković, Đorđe Nikolić, Nenad Živković, Peđa Milosavljević, Multi-criteria ranking of the Danube water quality on its course through Serbia, Majska konferencija o strategijskom menadžmentu, 25 - 27 maj 2012, Bor, Srbija, Zbornik celih radova, p. 1014-1021.

3. Ivana Mladenović-Ranisavljević, Ljiljana Takić, Nenad Živković, Amelija Đorđević, Milovan Vuković, The actual and required water quality of the Danube River in Serbia, XV Međunarodna eko-konferencija, IX ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE GRADOVA I PRIGRADSKIH NASELJA, Novi Sad, 2011, Zbornik radova (*in press*).
4. Ljiljana Takić, Ivana Mladenović-Ranisavljević, Nenad Živković, Milovan Vuković, Water Quality trends of the Danube river in Serbia, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management - EMFM2011, Zaječar, 26-28 May 2011, Proceedings, p. 80-83.
5. Ljiljana Takić, Ivana Mladenović, Ljiljana Randelović, Slavica Stevanović, Eco-Chemical status of the Barje reservoir in terms of water quality index parameters, XIX International Scientific and Professional Meeting "Ecological Truth", Eco-Ist'11, Bor, Serbia, 01–04 June 2011, Proceedings, p. 414-419.

Rad u časopisu nacionalnog značaja

(M-52)

1. Ljiljana Takić, Ivana Mladenović-Ranisavljević, Vesna Nikolić, Ljubiša Nikolić, Milovan Vuković, Nenad Živković, The assessment of the Danube water quality in Serbia, *Advanced technologies* 1(1), 58-66.

Rad štampan u naučnom časopisu

(M-53)

1. Ljiljana Takić, Ivana Mladenović-Ranisavljević, Nenad Živković, Amelija Đorđević, A case study of the correlation criteria of surface water intended for water supply, *FACTA UNIVERSITATIS. Series: Working and Living Environmental Protection* Vol. 8, No 1, 2011, p. 21 - 30.

Radovi saopšteni na skupu nacionalnog značaja štampani u celini

(M-63)

1. Ljiljana Takić, Ivana Mladenović-Ranisavljević, Amelija Đorđević, Nenad Živković, Ljiljana Randelović, Analiza kvaliteta vode Dunava u Srbiji, "IX Simpozijum Savremene tehnologije i privredni razvoj sa međunarodnim učešćem", Tehnološki fakultet, Leskovac, 21-22. oktobar 2011, Zbornik radova, str. 164-169.

Прилог 3.

Изјава о ауторству

Потписани-а Ивана И. Младеновић-Ранисављевић

број уписа 3/2009

Изјављујем

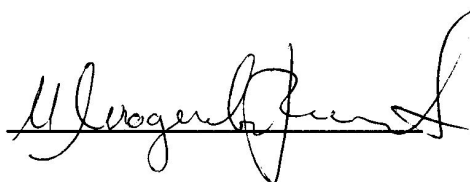
да је докторска дисертација под насловом

„Вишекритеријумска анализа квалитета воде Дунава у Србији“

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 16.09.2012. године



Прилог 4.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Ивана И. Младеновић-Ранисављевић

Број уписа 3/2009

Студијски програм Инжењерски менаџмент

Наслов рада „Вишекритеријумска анализа квалитета воде Дунава у Србији“

Ментор др Милован Вуковић, ван. професор

Потписани Ивана И. Младеновић-Ранисављевић

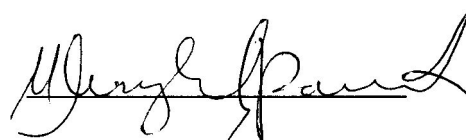
изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 16.09.2012. године



Прилог 5.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Вишекритеријумска анализа квалитета воде Дунава у Србији“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

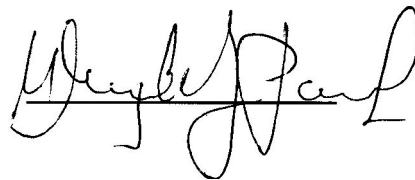
5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 16.09.2012. године



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.