

# Interpretacija rezultata kvaliteta površinskih voda primenom multivarijalne analize

Borko M. Matijević, Đendi Đ. Vaštag, Milena R. Bečelić-Tomin, Božo D. Dalmacija, Suzana Lj. Apostolov

Prirodno–matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

## Izvod

Monitoring površinskih voda predstavlja veoma bitan faktor u kontroli kvaliteta voda, a samim tim i zdravlja živih bića. Kvalitet površinskih voda u velikoj meri određen je prirodnim i antropogenim procesima. Dobijeni rezultati monitoringa površinskih voda zbog prostornih i vremenskih varijacija kvaliteta su suviše obimni za njihovo pojedinačno tumačenje. Primenom multivarijalne statističke analize može se postići znatna redukcija obimnosti raspoloživih podataka i omogućiti interpretacija dobijenih rezultata o kvalitetu i ekološkom statusu/potencijalu voda. U ovom radu su primenom multivarijalne statističke analize (klaster analiza i analiza glavnih komponenti) obrađeni odabrani rezultati analiza površinskih voda na teritoriji AP Vojvodine u toku 2011. godine. Ove tehnike omogućavaju interpretaciju rezultata monitoring programa kvaliteta površinskih vodnih tela na teritoriji AP Vojvodine i istovremenu identifikaciju uticaja registrovanih i potencijalnih izvora zagađivanja na kvalitet datih vodnih tela.

**Ključne reči:** kvalitet voda, multivarijalna analiza, klaster analiza, analiza glavnih komponenti.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

U toku godišnjeg hidrološkog ciklusa, kvalitet površinskih voda zavisi od atmosferskih padavina, nanosa, odnosno erozije tla u slivu, naseljenosti i razvoja industrije u slivnom području. Pored toga, izmena temperature u toku godišnjih doba, kao i mešanje različitih vrsta voda takođe su činiooci koji utiču na promenu hemijskog sastava površinskih voda [1].

Da bi bio postignut zadovoljavajući kvalitet površinskih voda neophodan je monitoring koji je izrazito bitan segment u upravljanju vodama. Monitoring programi površinskih voda uključuju analize vode, sedimenta i biote [2]. Krajnja informacija koja se dobija monitoringom površinskih voda ključna je za donošenje odluka u upravljanju vodama i zahteva odgovarajući način obrade podataka dobijenih merenjima u toku samog monitoringa. Kada su u pitanju monitoring programi koji se sprovode na godišnjem nivou, za obradu tako velikog skupa podataka najčešće se koriste statističke metode. Jedne od tih metoda su multivarijalne statističke metode kao što su faktor analiza, klaster analiza i analiza glavnih komponenti. Ove metode omogućavaju redukciju velikog broja podataka monitoringa i markiraju merne stanice sličnog kvaliteta, kao i problematične pokazatelje kvaliteta.

Multivarijalne statističke metode omogućavaju identifikaciju mogućih faktora/izvora koji su odgovorni

NAUČNI RAD

UDK 628.112(497.113):519.237.8

Hem. Ind. 69 (1) 29–36 (2015)

doi: 10.2298/HEMIND131016015M

za varijabilnost kvaliteta vode. Takođe, omogućavaju identifikaciju rasporeda izvora zagađenja i na taj način predstavljaju koristan alat za razvoj odgovarajuće strategije kako bi se ostvarilo efikasno upravljanje vodnim resursima [3–8].

Klaster analiza se koristi za redukciju obimnih podataka, kombinuju se objekti u grupe relativno homogenih sastava. Ona pomaže u grupisanju parametra (slučajeva) u klastere na osnovu sličnosti ili razlike između njih. Izazov mnogih istraživanja u kojima se radi sa velikim brojem podataka upravo je identifikovanje i grupisanje elemenata u manje grupe na osnovu neke povezanosti [9,10].

Analiza glavnih komponenti (*Principal Component Analysis, PCA*) ima sposobnost da prepoznaje i eliminiše suvišne podatke iz eksperimentalnih rezultata. Primenom analize glavnih komponenti redukuje se broj raspoloživih podataka, a kao rezultat se dobija različiti broj novih promenljivih tzv. glavne komponente (*principal components, PC*). Glavna komponenta, PC, je u stvari linearna kombinacija originalnih promenljivih. Koeficijent inverzne relacije od linearne kombinacije se zove komponenta opterećenja i predstavlja koeficijent korelacije između originalne promenljive i glavne komponente. U toku analize dobija se veći broj glavnih komponenti. Prva glavna komponenta, PC1, predstavlja maksimalni udeo ukupnih promenljivih. Druga glavna komponenta, PC2, ne korelira se sa PC1 a predstavlja maksimalni udeo od rezidualne promenljive. Na istom principu se formiraju i ostale glavne komponente, sve dok se ukupna varijansa ne izračuna. U praktičnom radu obično je dovoljno zadržati samo nekoliko glavnih

Preписка: B.M. Matijević, Prirodno–matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Univerzitet u Novom Sadu, Trg D. Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija.

E-pošta: borko.matijevic@dh.uns.ac.rs

Rad primljen: 16. oktobar, 2013

Rad prihvaćen: 12. mart, 2014

komponenti, čiji zbir obuhvata veliki procenat ukupne promenljive [9–11].

Navedene statističke metode pružaju mogućnost lakšeg, bržeg i jasnijeg definisanja promenljivih koje imaju najveći uticaj na kvalitet površinskih voda. U ovom radu su primenom klaster analize i analize glavnih komponenti analizirani i interpretirani rezultati kvaliteta površinskih vodnih tela na teritoriji AP Vojvodine u cilju identifikacije mogućih izvora zagađenja.

## EKSPERIMENTALNI DEO

Za potrebe ovog rada korišćeni su podaci o kvalitetu površinskih voda na teritoriji AP Vojvodine za mesec februar 2011. godine [12].

Pregled vodnih tela i mernih stanica na kojima je izvršeno uzorkovanje vode za analizu i čije su vrednosti pokazatelja kvaliteta obrađene u ovom radu dat je u Tabeli 1. Obrađeno je ukupno 28 mernih stanica na sledećim prirodnim, značajno izmenjenim vodnim telima: Dunav, Tisa i Tamiš i veštačkom vodnom telu Dunav–Tisa–Dunav.

Analizirano je 25 pokazatelja kvaliteta vode: suspendovane materije, UV ekstinkcija na 254 nm, HPK(Mn), BPK<sub>5</sub>, pH, ukupna tvrdoća, alkalitet, ukupni alkalitet, bikarbonati, slobodni CO<sub>2</sub>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, ukupne rastvorne soli, elektroprovodljivost, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, ukupni fosfor, rastvorni kiseonik i zasićenost vode kiseonikom.

Klaster analiza i analiza glavnih komponenti rađene su primenom softverskog programa Statistica 10.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Primenom klaster analize po Wards metodi dobijeni su dendrogrami prikazani na slikama 1 i 2.

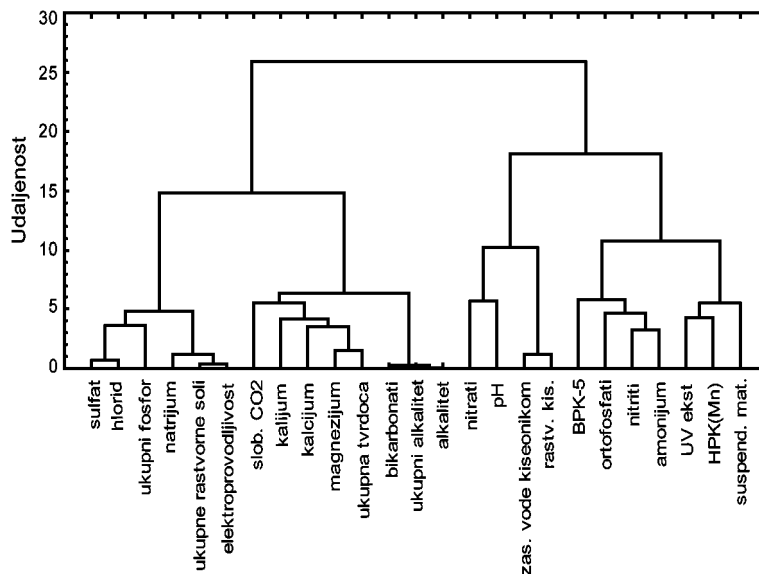
Na slici 1 prikazan je dobijen dendrogram ispitivanih parametara kvaliteta površinskih voda. Sa slike se vidi da se analizirani parametri grupišu u dva klastera u okviru kojih se može registrovati prisustvo podklastera. Prvi podklaster u okviru prvog klastera čine: Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, ukupne rastvorne soli, elektroprovodljivost i ukupni fosfor, dok se u drugom podklasteru nalaze: ukupna tvrdoća, alkalitet, ukupni alkalitet, bikarbonati, slobodni CO<sub>2</sub>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> i K<sup>+</sup>.

Ova dva podklastera, odnosno prvi klaster, obuhvataju hidrohemijske pokazatelje kvaliteta vode i pokazatelje geologije terena. Nitrati, pH, rastvorni kiseonik i zasićenost vode kiseonikom čine treći, dok se u četvrtom podklasteru nalaze: HPK(Mn), BPK<sub>5</sub>, ortofosfati, nitrati, amonijum, UV ekstinkcija i suspendovane materije u okviru drugog klastera. Može se zaključiti da se u okviru njega grupišu faktori uticaja tačkastih i difuznih izvora zagađenja površinskih vodnih tela kao i ekološki faktori.

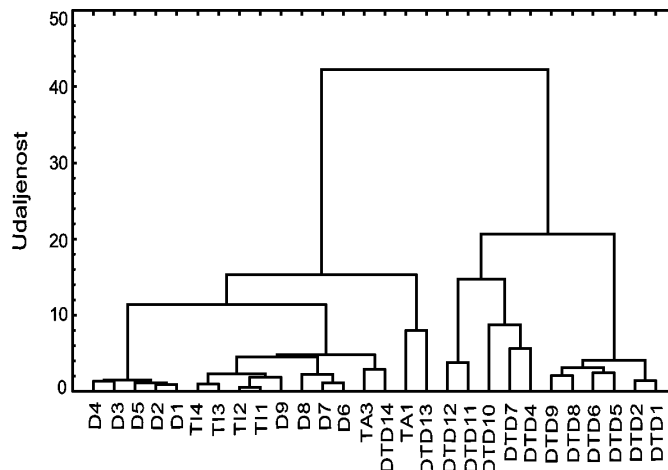
Rezultat klaster analize mernih stanica ispitivanih površinskih vodnih tela pokazuje razdvajanje prirodnih tj. značajno izmenjenih vodnih tela (Dunav, Tisa i Tamiš) i veštačkog vodnog tela (HsDTD) na dva osnovna klastera. Jednan klaster grupiše sve merne stanice na značajno izmenjenim vodnim telima, dok se u drugom nalaze merne stanice na HsDTD. U klasteru gde su grupisane sve merne stanice na značajno izmenjenim vodnim telima nalaze se i dve merne stanice veštačkog vodnog tela HsDTD (Vlajkovac i Kajtasovo). Razlog izdvajanja ove dve merne stanice HsDTD u klaster sa stanicama na prirodnim vodnim telima može se objasniti odstupajućim sadržajem kalijuma i natrijuma na mernim stanicama DTD13 i DTD14 (slika 3). Sadržaj ovih parametara u navedenim mernim stanicama je mnogo bliži vrednostima izmerenim na mernim stanicama TA1 i TA3 nego na ostalim stanicama u okviru HsDTD

Tabela 1. Pregled obrađenih vodnih tela – mernih stanica  
Table 1. Summary of processed water bodies - monitoring stations

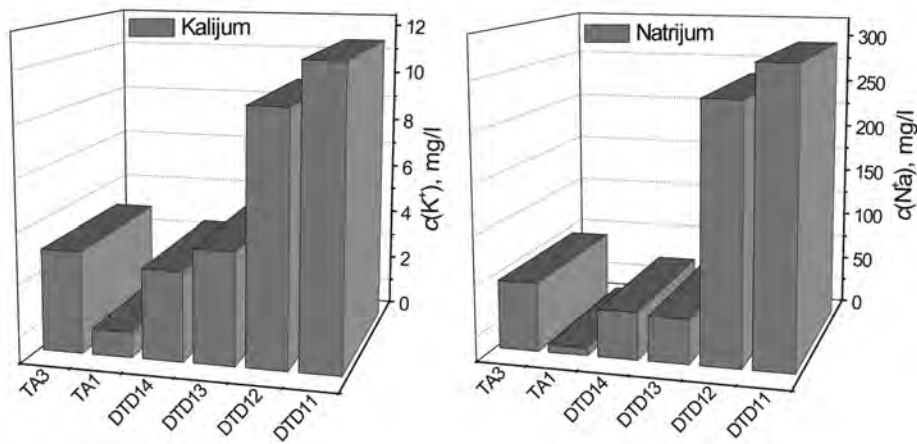
Oznaka	Naziv vodnog tela – merna stanica	Oznaka	Naziv vodnog tela – merna stanica
D1	Dunav – Bezdán	TA3	Tamiš – Pančevo
D2	Dunav – Apatin	DTD1	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – Sombor
D3	Dunav – Bogojevo	DTD2	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – Mali Stapar
D4	Dunav – Bačka Palanka	DTD4	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – Vrbas 2
D5	Dunav – Novi Sad	DTD5	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – S. Miletić
D6	Dunav – Slankamen	DTD6	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – Savino Selo
D7	Dunav – Čenta	DTD7	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – B. Gradište
D8	Dunav – Pančevo	DTD8	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – Novi Sad
D9	Dunav – Banatska Palanka	DTD9	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – Bač
TI1	Tisa – Maronoš	DTD10	Kanal Dunav-Tisa-Dunav – B. Petrovac
TI2	Tisa – Padej	DTD11	Kanal Dunav-Tisa-Dunav–Novo Miloševo
TI3	Tisa – Žabalj	DTD12	Kanal Dunav-Tisa–Dunav – Melenci
TI4	Tisa – Titel	DTD13	Kanal Dunav-Tisa–Dunav – Vlajkovac
TA1	Tamiš – Jaša Tomić (Graničeri)	DTD14	Kanal Dunav-Tisa–Dunav – Kajtasovo



Slika 1. Dendrogram pokazatelja kvaliteta ispitivanih površinskih vodnih tela.  
 Figure 1. Dendrogram of parameters of the quality of investigated surface water bodies.



Slika 2. Dendrogram ispitivanih vodnih tela.  
 Figure 2. Dendrogram of investigated water bodies.



Slika 3. Histogrami sadržaja kalijuma i natrijuma na odabranim lokalitetima.  
 Figure 3. Histograms of concentration of potassium and sodium in selected localities.

(npr. DTD11 i DTD12). Drugo objašnjenje odstupanja ove dve merne stanice može biti u njihovom geografskom položaju. Vlajkovac i Kajtasovo su merne stanice na banatskom delu HsDTD (kanal Banatska Palanka–Novi Bečej) u koji su uklopljeni Tisa i svi presečeni vodotoci (Nera, Tamiš, Karaš, Brzava, oba Begeja i Zlatica). Navedeni vodotoci, sa padina Karpata vode ka Tisi, odlikuju ih vrlo bujični režimi koji su sve nepovoljniji zbog nekontrolisane seče šuma na Karpatima i regulacionih radova u Rumuniji.

Takođe, posmatrano geografski, rezultati klaster analize, pokazuju raspodelu mernih stanica u okviru Banata i Bačke. Prvi podklaster (D1–D5) čine merne stanice u Bačkoj, drugi podklaster (D6–D9, T11–T14, TA1 i TA3, DTD13 i DTD14) formiraju merne stanice u Banatu. U drugom klasteru jedan podklaster (DTD11 i DTD12) čine merne stanice u Banatu, a drugi podklaster (DTD1–DTD10) merne stanice u Bačkoj.

Analiza glavnih komponenti je statistička metoda koja se vrlo često koristi u cilju redukcije velikog broja podataka kako bi se omogućila lakša i pravilnija analiza rezultata. Obradom navedenih parametara, analiza glavnih komponenti (PCA), sa četiri glavne komponente

opisuje ukupan udeo varijansi od 84,65%. Vrednosti pojedinih glavnih komponenti, PC, prikazane su u tabeli 2.

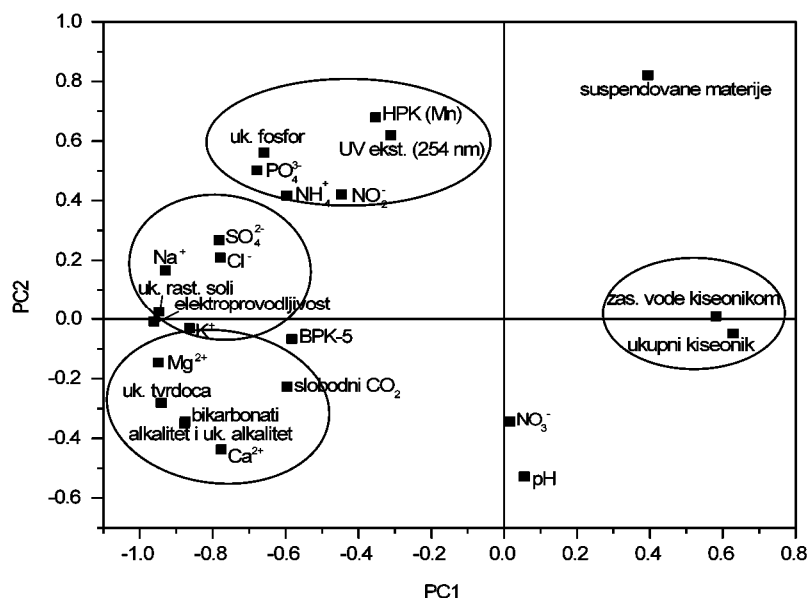
Vrednosti pojedinih PC pokazuju kakvo je slaganje novodobijenih glavnih komponenti sa početnim varijablama tj. analiziranim parametrima. Iz podataka prikazanih u tabeli 2 se uočava kao što je i očekivano da prva glavna komponenta, PC1, u najvećem broju slučajeva sadrži vrednosti veće od 0,7. Druga glavna komponenta (PC2) samo u slučaju suspendovanih materija ima značajan udeo u opisivanju početnih varijabli, dok u trećoj i četvrtoj nema ni jedne dominantne vrednosti. Na osnovu toga može se zaključiti da su za dalju analizu rezultata najznačajnija analiza prve i druge glavne komponente.

Na slici 4 prikazane su korelacije dobijenih vrednosti prve dve glavne komponente. Uočava se skoro identično grupisanje analiziranih parametara kao što je dobijeno i primenom klaster analize (slika 1).

Slično kao u slučaju klaster analize može se potvrditi grupisanje hidrohemijskih faktora (alkalitet, tvrdoća vode i parametri koji utiču na elektroprovodljivost), tačkastih izvora zagađenja (fosforna i azotna jedinjenja,

Tabela 2. Rezultati analize glavnih komponenti za ispitivana vodna tela  
Table 2. Results of the principal component analysis of the investigated water bodies

Parametar	PC1	PC2	PC3	PC4
Suspendovane materije	0,39422	<b>0,82048</b>	0,15689	-0,18676
Rastvorni kiseonik	0,62893	-0,04904	<b>-0,62391</b>	0,11943
Zasićenost vode kiseonikom	0,58203	0,00910	<b>-0,65101</b>	0,09661
Alkalitet	<b>-0,87537</b>	-0,34398	0,26093	0,05617
Ukupna tvrdoća	<b>-0,94060</b>	-0,28170	-0,09947	-0,07248
Slobodni CO <sub>2</sub>	-0,59499	-0,22699	0,27985	-0,59365
Bikarbonati	<b>-0,87754</b>	-0,35110	0,25287	0,02751
Ukupni alkalitet	<b>-0,87580</b>	-0,34356	0,26049	0,05665
pH	0,05548	-0,52832	-0,13244	<b>0,67025</b>
Elektroprovodljivost	<b>-0,96037</b>	-0,00856	-0,26266	-0,03596
Ukupne rastvorne soli	<b>-0,94672</b>	0,02612	-0,30642	-0,04522
Amonijum joni	-0,59665	0,41636	0,21881	0,42420
Nitriti	-0,44686	0,42044	0,13770	0,62106
Nitrati	0,01497	-0,34450	-0,45038	0,11419
Ortofosfati	<b>-0,67818</b>	0,50192	-0,20014	0,32043
Ukupni fosfor	<b>-0,65883</b>	0,56011	-0,37961	0,05089
Na <sup>+</sup>	<b>-0,92985</b>	0,16541	-0,29922	-0,01451
K <sup>+</sup>	-0,08632	-0,03145	0,14746	-0,25984
Ca <sup>2+</sup>	<b>-0,77654</b>	-0,43803	-0,20355	-0,13989
Mg <sup>2+</sup>	<b>-0,94975</b>	-0,14648	-0,02377	-0,01634
Cl <sup>-</sup>	<b>-0,77866</b>	0,20838	-0,56559	-0,09128
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<b>-0,78266</b>	0,26709	-0,52300	-0,13183
BPK <sub>5</sub>	-0,58203	-0,06741	0,45554	0,52988
HPK (mn)	-0,35263	<b>0,67909</b>	0,36766	-0,02884
UV ekstinkcija (254 nm)	-0,31104	<b>0,61900</b>	0,15333	-0,22807
Udeo u ukupnoj varijansi, %	50,39	14,74	11,49	8,03



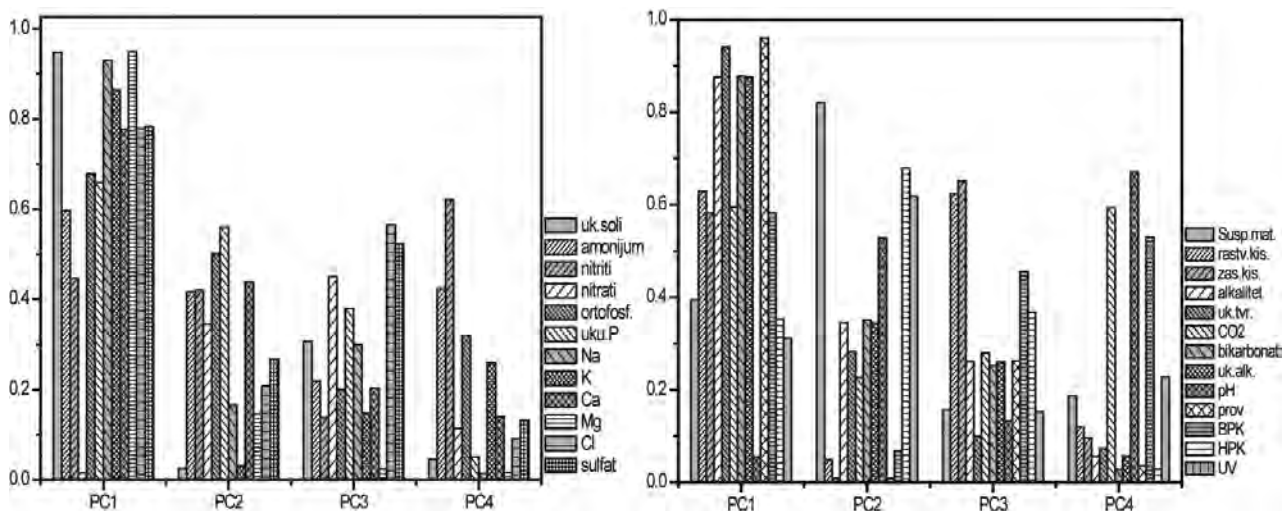
Slika 4. Korelacija PC1/PC2 ispitivanih parametara.

Figure 4. Correlation of PC1/PC2 of investigated parameters.

HPK i UV ekstinkcija) i ekoloških faktora (zasićenost vode kiseonikom i ukupni kiseonik). Sa slike 4 je uočljivo da suspendovane materije nisu grupisane ni sa jednim od ostalih pokazatelja kvaliteta voda. Njihov sadržaj je u vodnim telima, prvenstveno u HsDTD, posledica upravljanja samim sistemom tj. dirigovanog režima protoka vode. Brane i ustave koje se nalaze na ovom veštačkom vodnom telu kao hidromorfološki pritisci, imaju značajan uticaj na dinamiku sedimenta i posredno na sadržaj suspendovanih materija. Sadržaj nitrata i pH vrednost vode su, predpostavlja se, posledica difuznih pritiska na vodna tela. Pod ovim pritiscima se podrazumeva spiranje sa poljoprivrednih površina i neadekvatno upravljanje šumama tj. šumskim zemljištem. Nitrati joni u akvatičnim sistemima predstavljaju

„jak kiseli anjon” pa samim tim njegovo prisustvo u višim koncentracijama može da ima za posledicu povećanje kiselosti vode [13]. Ovakve promene u kvalitetu vode mogu biti izraženije u toku dužih i češćih, ali obilnih padavina kojima su vodna tela izložena u ranom prolećnom i kasnom jesenjem periodu godine. Treba napomenuti da nitrati mogu biti generisani mikrobiološkom transformacijom amonijaka. U područjima sa intenzivnim uzgojem stoke i lociranim farmama (slučaj i u pojedinim područjima na teritoriji Vojvodine), uticaj amonijaka na kvalitet površinskih voda može biti značajan [14].

Distribucija, tj. udeo pojedinih originalnih promenljivih u okviru svake glavne komponente predstavljeni su na slici 5. Sa slike se uočava da u formiranju PC1



Slika 5. Raspodela apsolutnih vrednosti individualnih promenljivih u okviru četiri glavne komponente.

Figure 5. Distribution of the absolute values of the individual variables within the four principal components.

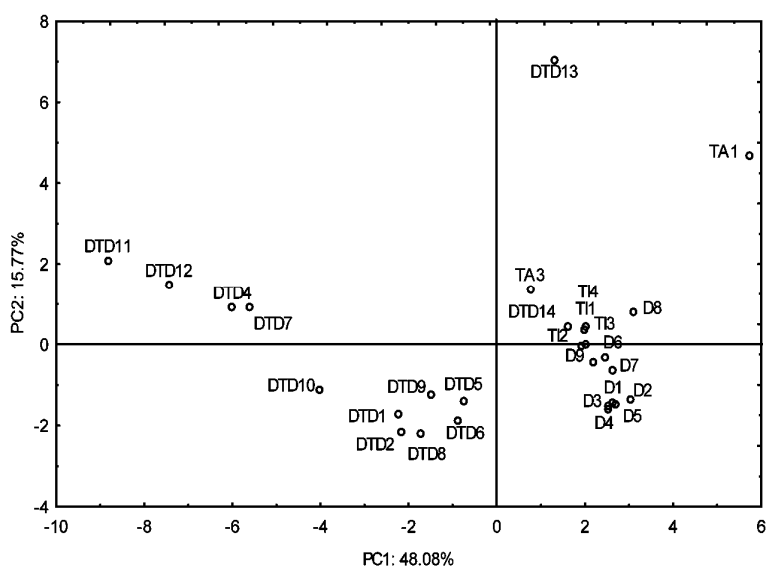
učestvuju sve analizirane varijable izuzev nitrata, pH,  $BPK_5$  i suspendovanih materija što može biti ujedno i objašnjenje za njihovo odstupanje od ostalih parametra (slika 4).

Na slikama 6 i 7 prikazane su korelacije prve glavne komponente sa drugom (slika 6) i trećom glavnom komponentom (slika 7) za analizirane merne stanice. Uočava se identična raspodela mernih stanica kao primenom klaster analize (slika 2). Javlja se odvajanje prirodnih i veštačkih vodenih tokova (odstupanje DTD13 i DTD14) i razdvajanje mernih stanica na osnovu geografskog pripadanja.

Sa slike 6 se vidi da dve merne stanice u okviru HsDTD koje se nalaze u Bačkoj (DTD4 i DTD7) odstupaju

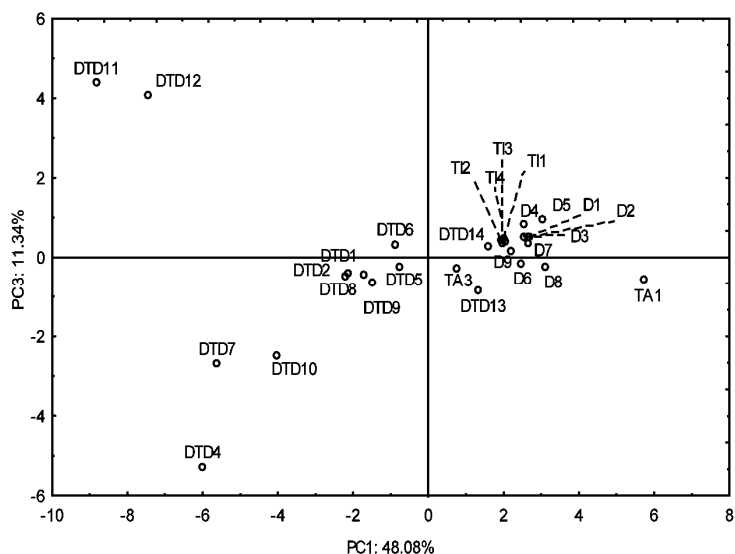
od ostalih mernih stanica u ovom regionu javljaju se bliže banatskim mernim stanicama DTD12 i DTD11. Razlog tome može biti prvenstveno zbog sadržaja orto-fosfata i ukupnog fosfora izmerenih na ove četiri merne stanice koji su nešto viši u odnosu na izmerene vrednosti na ostalim mernim stanicama.

Fosfor je pored azota, i neorganskog ugljenika ključni element fotosinteze, ali i rasta algi i biljaka. Od velike važnosti je razumeti kompleksnost procesa eutrofikacije, ne samo u cilju procene ekološkog statusa vodnog tela, već i u cilju planiranja odgovarajućih mera za ublažavanje. Na ovim mernim stanicama je takođe bitno izvršiti analizu i klasifikaciju sedimenta, upravo iz tog razloga što je interakcija između vode i sedimenta u



Slika 6. Korelacija PC1/PC2 proučavanih vodnih tela.

Figure 6. Correlation of PC1/PC2 of investigated water bodies.



Slika 7. Korelacija PC1/PC3 proučavanih vodnih tela.

Figure 7. Correlation of PC1/PC3 of investigated water bodies.

rekama na prvom mestu važna zbog fosfora, koji se kao čestični može taložiti na rečnom dnu [15]. Ukoliko je koncentracija rastvorljivog reaktivnog fosfora u vodenom stubu veća nego ravnotežna koncentracija fosfora, fosfor će se adsorbovati na sedimentu [16].

## ZAKLJUČAK

U ovom radu su primenom dve multivarijalne statističke metode, klaster analize i analize glavnih komponenti obrađeni rezultati analize 28 mernih stanica na prirodnim vodnim telima (Dunav, Tisa i Tamiš) i na jednom veštačkom vodenom telu (HsDTD) prikupljenim u toku februara meseca 2011. godine na teritoriji AP Vojvodine. Obema primenjenim metodama izvršena je podela ispitivanih vodnih tela na sličan način, na osnovu porekla (prirodna i veštačka) i na osnovu teritorijalnog pripadanja mernih stanica (Banat i Bačka). Pojedinačna odstupanja, objašnjena su odgovarajućim razlikama na pojedinim mernim stanicama u odnosu na ostale. Na osnovu dobijenih rezultata potvrđuje se polazna pretpostavka, da se primenom raznih statističkih metoda mogu identifikovati glavni faktori koji imaju uticaj na ekološki status i ekološki potencijal vodnih tela kao i unaprediti postojeća mreža monitoringa.

## Zahvalnica

Ovi rezultati su deo projekata: OI-172013 i III43005 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] B. Dalmacija, M. Bečelić, I. Ivančev-Tumbas, I. Teodorović, in: B. Dalmacija (Ed.), Analiza vode – kontrola kvaliteta, tumačenje rezultata, Prirodno-matematički fakultet – Departman za hemiju, Novi Sad, 2004, str. 1–36.
- [2] M. Bečelić-Tomin, A. Leovac, Đ. Kerkez, D. Krčmar, M. Dalmacija, u: B. Dalmacija (Ur.), Parametri kvaliteta vode i sedimenta i tumačenje standarda (imisioni standardi), PMF – Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad, 2012, str. 133–208.
- [3] P.K. Singh, A. Malik, S. Sinha, Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques – a case study, *Anal. Chim. Acta* **538** (2005) 355–374.
- [4] F.M.A. Abbas, A. Anees, I. Norli, E. Azhar, O. Khalid, Assessment of surface water through multivariate analysis. *J. Sust. Develop.* **1** (2008) 27–33.
- [5] Z. Zhao, F. Cui, Multivariate statistical analysis for the surface water quality of the Luan River, China, *J. Zhejiang, Univ. Sci., A* **10** (2009) 142–148.
- [6] R. Noori, M.S. Sabahi, A.R. Karbassi, A. Baghvand, H.T. Zadeh, Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set, *Desalination* **260** (2010) 129–136.
- [7] D.D. Poudel, T. Lee, R. Srinivasan, K. Abbaspour, C.Y. Jeong, Assessment of seasonal and spatial variation of surface water quality, identification of factors associated with water quality variability, and the modeling of critical nonpoint source pollution areas in an agricultural watershed, *J. Soil Water Conserv.* **68** (2013) 155–171.
- [8] A.O. Ayeni, A.S.O. Soneye, Interpretation of surface water quality using principal components analysis and cluster analysis, *J. Geogr. Reg. Plann.* **6** (2013) 132–141.
- [9] B. Vandeginste, D. Massart, L. Buydens, S. Jong, P. Lewi, J. Smeyers-Verbeke, in: D. Massart (Ed.), *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part B*, Elsevier, Amsterdam, 1998, pp. 87–158.
- [10] M. Otto, *Chemometrics Statistics and Computer Application in Analytical Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, 1999.
- [11] G. Vastag, S. Apostolov, N. Perišić-Janjić, B. Matijević, Multivariate analysis of chromatographic retention data and lipophilicity of phenylacetamide derivatives, *Anal. Chim. Acta* **767** (2013) 44–49.
- [12] Anon, Godišnji izveštaj Ministarstva energetike, razvoja i zaštite životne sredine Republike Srbije, 2011.
- [13] J.D. Aber, K.J. Nadelhoffer, P. Steudler, J.M. Melillo, Nitrogen saturation in Northern forest ecosystems: Excess nitrogen from fossil fuel combustion may stress the biosphere, *BioScience* **39** (1989) 378–386.
- [14] J. Aherne, E.P. Farrell, Final Report: Determination and mapping of critical loads for sulphur and nitrogen and critical levels for ozone in Ireland, Dublin, Environmental Protection Agency, 2000, p. 212.
- [15] W.A. House, Geochemical cycling of phosphorus in rivers, *Appl. Geochem.* **18** (2003) 739–745.
- [16] W.A. House, F.H. Denison, Nutrient dynamics in a lowland stream impacted by sewage effluent: Great Ouse, England, *Sci. Total Environ.* **205** (1997) 25–49.

## SUMMARY

### INTERPRETATION OF THE RESULTS OF SURFACE WATER QUALITY APPLYING MULTIVARIATE ANALYSIS

Borko M. Matijević, Đendi Đ. Vaštag, Milena R. Bečelić-Tomin, Božo D. Dalmacija, Suzana Lj. Apostolov

*University of Novi Sad, Faculty of Science, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia*

(Scientific paper)

Monitoring of surface water, through the analysis of physical-chemical and chemical parameters, is a very important factor in the control of water quality and the health of living beings. The surface water quality is largely determined by the nature (atmospherics) and anthropogenic processes (discharge of municipal and industrial wastewater). The results of monitoring of surface water are usually too expensive and difficult for correct interpretation, due to the spatial and temporal variations in water quality. The significant reductions of the amplex of the available data and the better interpretation of the obtained results about the quality and ecological status/potential of water can be achieved by application of Multivariate Statistical Analysis. The selected results of the analysis of surface water in AP Vojvodina in 2011 were analyzed by using Multivariate Statistical Analysis (cluster analysis and principal components analysis) and represented in this paper. These techniques allow the interpretation of the results of the monitoring program of investigated surface water bodies and simultaneous identification of registered influence and potential sources of pollution on the quality of the given water bodies. The both methods are applied and the division of water bodies is tested in the same manner at the origin (natural and artificial) and on the basis of territorial belonging monitoring stations (Banat and Bačka). Individual variations are discussed in corresponding differences in individual measuring stations in relation to others. By application of the given method, a grouping of the examined indicators of water quality in the following factors: hydro-chemical factor, ecological factor, the factor point pollution and diffusion have been obtained. The obtained results confirm the initial hypothesis that the use of different statistical methods can identify the main factors that have an impact on the ecological status and ecological potential of water bodies and can improve the existing monitoring. In addition, the analysis of the extracted surface water bodies can be applied in cases where it is necessary to implement simultaneous monitoring of the biological quality elements to determine whether chemical parameters can ensure the functioning of ecosystems.

*Keywords:* Water quality • Multivariate analysis • Cluster analysis • Principal components analysis