Praćenje odabranih parametara kakvoće površinske vode rijeke Mure

Jurčević, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:572303

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije; nastavnički smjer

Iva Jurčević

Praćenje odabranih parametara kakvoće površinske vode rijeke Mure

Diplomski rad

Osijek, 2020.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije; nastavnički smjer

Iva Jurčević

Praćenje odabranih parametara kakvoće površinske vode rijeke Mure

Diplomski rad

Mentor: doc. dr. sc. Ana Amić

Komentor: doc. dr. sc. Vlatka Gvozdić

Osijek, 2020.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA **Diplomski rad**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za kemiju
Diplomski studij kemije
Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Kemija

PRAĆENJE ODABRANIH PARAMETARA KAKVOĆE POVRŠINSKE VODE RIJEKE MURE

Iva Jurčević

Rad je izrađen na: Odjelu za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Mentor: doc. dr. sc. Ana Amić
Komentor: doc. dr. sc. Vlatka Gvozdić

Sažetak

Rijeka Mura je najsjevernija rijeka u Republici Hrvatskoj, a izvire u Austriji. Mura protječe Slovenijom i Mađarskom, a u Hrvatskoj se uliva u Dravu. Duž toka, Mura je izložena različitim izvorima zagađenja, pa je u radu analizirana kvaliteta površinske vode rijeke Mure u Republici Hrvatskoj na temelju fizikalno–kemijskih parametara i aktualnih propisa te regulativa. Uzorci su prikupljani mjesečno u razdoblju od 13 godina (2004.–2017.), a među analiziranim parametrima su pH, kemijska potrošnja kisika (KPK-Mn), biokemijska potrošnja kisika (BPK_5), dušikovi spojevi (nitrati, ukupni dušik) i spojevi fosfora (ortofosfati, ukupni fosfor). Dobiveni rezultati upućuju na dobru do vrlo dobru kvalitetu vode ovisno o parametru i godini. Monitoring kakvoće površinske vode potrebno je nastaviti kako bi se pratilo stanje vode i primjena mjera zaštite voda od zagađenja. U radu je prikazan metodički dio za nastavnu jedinicu „Voda“ za 7. razred osnovne škole s ciljem upoznavanja važnosti vode za život, njenim sastavom, zagađenjem te potrebe za očuvanje okoliša.

Diplomski rad obuhvaća: 55 stranica, 49 slika, 9 tablica, 33 literaturnih navoda i 1 prilog
Jezik izvornika: hrvatski jezik
Ključne riječi: Mura, fizikalno–kemijski parametri, kakvoća vode

Stručno povjerenstvo za ocjenu:
1. doc. dr. sc. Elvira Kovač-Andrić, predsjednica
2. doc. dr. sc. Ana Amić, mentorica i članica
3. doc. dr. sc. Vlatka Gvozdić, komentorica i članica
4. doc. dr. sc. Olivera Galović, zamjena člana

Rad prihvaćen:
Rad je pohranjen: u Knjižnici Odjela za kemiju, Franje Kuhača 20, Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD **Diploma Thesis**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Department of Chemistry
Graduate Study of Chemistry
Scientific Area: Natural Sciences
Field: Chemistry

MONITORING OF SELECTED WATER QUALITY PARAMETERS OF RIVER MURA SURFACE WATER

Iva Jurčević

Thesis completed at: Department of Chemistry, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Supervisor: Assist. Prof. Ana Amić, PhD
Cosupervisor: Assist. Prof. Vlatka Gvozdić, PhD

Abstract

Mura River is Croatia's most northern river and it originates in Austria. It flows through Slovenia and Hungary, and in Croatia it flows into the Drava River. Along its course, Mura River is exposed to various sources of pollution so this thesis gives an overview and an assessment of water quality of Mura River, based on the analysis of water physico–chemical parameters according to the national laws and regulations. Water samples were collected monthly over the period of 13 years (2004–2017). Analysed parameters included pH, chemical oxygen demand (COD-Mn), five-day biochemical oxygen demand (BOD_5), nitrogen (nitrates, total nitrogen) and phosphorus compounds (orthophosphates, total phosphorus). The obtained results indicate good or very good water quality depending on the parameter and year. Further monitoring is necessary in order to insure adequate implementation of measures for water quality protection. Also, the thesis contains a methodical part regarding class unit "Water" for the 7^{th} grade of elementary school. The aim of the lecture is to analyze educational problems and show the composition of water, its importance in life processes, problems related to water pollution and take care about the environment.

Thesis includes: 55 pages, 49 figures, 9 tables, 33 references, 1 appendix
Original in: Croatian language
Keywords: Mura, physico–chemical parameters, water quality

Reviewers:
1. Assist. Prof. Elvira Kovač-Andrić, PhD, chair
2. Assist. Prof.Ana Amić, PhD, supervisor and member
3. Assist. Prof.Vlatka Gvozdić, PhD, cosupervisor and member
4. Assist. Prof. Olivera Galović, PhD, substitute member

Thesis accepted:
Thesis deposited: at the Library of Department of Chemistry, Franje Kuhača 20, Osijek

Sadržaj

1. UVOD 1
2. LITERATURNI PREGLED 3
2.1. Površinske vode 3
2.2. Kakvoća vode 4
2.2.1. Fizikalno–kemijski pokazatelji (parametri) kakvoće vode 5
2.2.2. Režim kisika 6
2.2.3. Hranjive tvari 7
2.3. Kakvoća vode rijeke Mure 8
3. MATERIJALI I METODE 10
3.1. Područje istraživanja 10
3.2. Uzorkovanje površinske vode 12
3.3. Analizirani parametri kakvoće vode 12
3.4. Zakoni, regulative i norme o kakvoći vode 14
3.5. Obrada podataka 14
4. REZULTATI I RASPRAVA 16
4.1. Pokazatelji ekološkog stanja vode rijeke Mure 16
4.2. Trend Line 29
4.3. Kruskal–Wallis test 33
4.4. Klaster analiza (engl. *Cluster Analysis*) 38
4.5 Analiza glavnih komponenata (engl. *Principal Component Analysis*, PCA) 39
5. METODIČKI DIO 42
5.1. Priprema za nastavni sat iz kemije 43
6. ZAKLJUČAK 50
7. LITERATURNA VRELA 52
8. DODACI 54
8.1. Životopis 54

1. UVOD

Rijeka Mura najsjevernija je hrvatska rijeka. Dužina rijeke Mure iznosi 473 km^2, od čega 83 km^2 donjeg toka pripada Republici Hrvatskoj (RH). Mura izvire u Austriji i prolazi kroz četiri države – Austriju, Sloveniju, Mađarsku i Hrvatsku te je priodna granica Međimurja prema Sloveniji i Mađarskoj. Iako protječe jednim od gospodarski najrazvijenijih dijelova Hrvatske, Međimurjem, Mura je opstala u svom prirodnom stanju jer je bila granica prema zemljama Varšavskog pakta. Stoga je bila zaštićena od gospodarskog razvoja i većih regulacija toka. Od siječnja 2001. godine Mura je zaštićena u kategoriji *značajni krajobraz*, a od veljače 2011. godine zaštićena je kategorijom *regionalni park* zbog svojih izrazito prirodnih i krajobraznih vrijednosti. Osim toga, u srpnju 2012. godine UNESCO je cjelokupno područje rijeka Mure, Drave i Dunava proglasio *Prekograničnim rezervatom biosfere* [1, 2].

Razvoj industrije i poljoprivrede, urbanizacija i razne ljudske aktivnosti ipak nisu u potpunosti zaobišle područje toka rijeke Mure, što je rezultiralo povećanjem količine otpadnih tvari koje onečišćuju vode. Onečišćenje vode općenito podrazumijeva smanjenje kvalitete ili kakvoće vode [3]. Onečišćenje u užem smislu označava postupno smanjenje kakvoće vode fizičkim, kemijskim ili biološkim onečišćenjem do mjere pri kojoj je nemoguće konzumiranje vode za piće, odnosno pri kojoj voda postaje štetna za ljudsko zdravlje. Kako bi se spriječilo onečišćenje vode, potrebno je stalno mjerenje kakvoće vode na način i učestalost koji su propisani zakonima i normama. To se posebno odnosi na vodu koja se koristi svakodnevno, bilo za potrebe domaćinstva ili u nekom obliku rekreacije [4].

Cilj ovog rada je praćenje odabranih pokazatelja (parametara) kakvoće površinske vode rijeke Mure. U tu svrhu analizirani su podaci o kakvoći vode rijeke Mure uzorkovani na mjernoj postaji Goričani (Međimurje) u razdoblju od 2004. do 2017. godine. Dobiveni podaci su obrađeni pomoću statističkih metoda (osnovna statistika, Kruskal–Wallis test, klaster analiza i analiza glavnih komponenata) i uspoređeni sa zakonskim normama. U radu je utvrđena kakvoća površinske vode i odnos između dobivenih vrijednosti za pojedine parametre kako bi se vidjelo postoji li povezanost između parametara. Utvrđeno je postoji li opterećenje okoliša pojedinim parametrom te mogući uzroci povišenih koncentracija parametara (utjecaj čovjeka). Rezultati su prikazani u tablicama i grafovima te su opisane poveznice između utvrđene kakvoće vode rijeke Mure i vanjskih čimbenika koji na nju utječu.

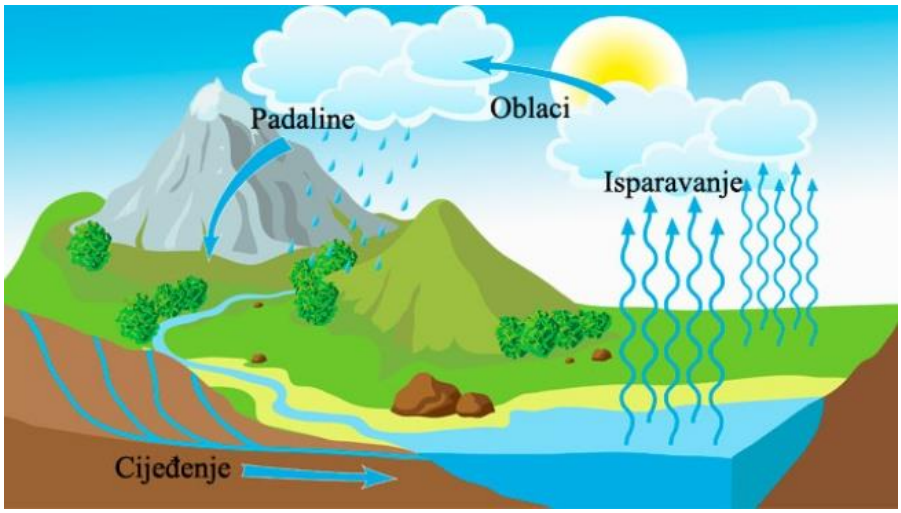
Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da je ocjena kakvoće površinske vode rijeke Mure u istraženom razdoblju dobra do vrlo dobra, što ovisi o promatranom parametru i godini.

2. LITERATURNI PREGLED

2.1. Površinske vode

Voda je osnova života na našem planetu, najzastupljenija je tvar u svim živim bićima i nezamijenjivi resurs. Voda prekriva 72 % površine planeta Zemlje, a od sveukupne količine vode 97 % je slana voda koja se ne koristi za piće, dok je samo 3 % slatka (pitka) voda. Oko 70 % svih zaliha slatke vode „zarobljeno“ je u ledenjacima i snježnom pokrivaču (permafrost). Oko 30 % svjetskih slatkih voda nalazi se ispod površine u obliku podzeminh voda, a sveukupna zaliha slatkovodnih rijeka i jezera čini svega 0,3 %. Samo 1 % svjetske slatke pitke vode dostupno je za potrebe čovječanstva [5].

U prirodi se voda nalazi u tri oblika, kao atmosferska (oborinska), površinska ili podzemna. Kruženje vode u prirodi stalan je proces kojim voda neprestano prelazi iz jednog oblika u drugi **(Slika 1.)**. Površinske vode su sve vode koje teku na površini zemlje ili stoje na njoj, a ovisno o tome zovu se tekućice ili stajačice. U površinske vode svrstavamo i rijeku Muru, kao i sve rijeke, mora, jezera, potoke, močvare, ribnjake i bare. Okus površinskih voda znatno je bolji od atmosferskih jer je ona u stalnom dodiru s tlom pri čemu otapa dio mineralnih tvari prisutnih u tlu (sedimentu). Međutim, iz istog razlika treba uzeti u obzir mogućnost zagađenja površinskih voda [6].



Slika 1. Kruženje vode u prirodi [7].

2.2. Kakvoća vode

Danas se procjenjuje da čak jedna petina cjelokupnog stanovništva nema mogućnost korištenja zdravstveno ispavne vode te da oko 15 milijuna ljudi godišnje umre zbog korištenja zdravstveno neispravne vode. Najveća stopa zaraze zdravstveno neispravnom vodom je u zemljama Afrike i Azije. Hrvatska je jedna od rijetkih zemalja koja ima značajne rezerve pitke vode. Kako bi se osigurala zdravstvena ispravnost vode, voda za piće mora proći kroz određene procese pročišćavanja te mora biti ispitivana i analizirana standardiziranim analitičkim metodama od strane ovlaštenih tijela sukladno sa zakonima i normama o kakvoći vode u Republici Hrvatskoj [8].

Onečišćenje vode moguće je u bilo kojem dijelu ciklusa kruženja vode u prirodi, a izvori onečišćenja mogu biti otpadne vode, industrija, promet, kemikalije iz domaćinstava, odlagališta otpada, pesticidi, insekticidi, umjetna gnojiva, onečišćenje naftom i naftnim derivatima i sl. **(Slika 2.)** [8].



Slika 2. Izvori onečišćenja vode [9].

Praćenje kakvoće vode (monitoring) omogućuje određivanje općeg ekološkog stanja vodnih tijela (osnovna jedinica za određivanje stanja kakvoće vode) te utvrđivanje mogućnosti korištenja vode u različite svrhe. Ocjenjivanje kakvoće vode u RH temelji se na *Uredbi o klasifikaciji voda* (NN 77/98, 137/08) i *Uredbi o standardu kakvoće voda* (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015, 61/2016, 40/18, 66/19).

Zdravstvena ispravnost vode za piće određuje se prema svojstvima, sastavu i koncentraciji pojedinih tvari, odakle i proizlazi naziv „kakvoća vode“. Pokazatelji za klasifikaciju voda su: fizikalno–kemijski pokazatelji, režima kisika, hranjive tvari i biološki pokazatelj [10].

2.2.1. Fizikalno–kemijski pokazatelji (parametri) kakvoće vode

Osnovni fizikalno–kemijski parametri kakvoće vode su pH vrijednost, alaklitet i električna vodljivost [10].

pH vrijednost se definira kao negativni logaritam koncentracije vodikovih iona, a njezin iznos se kreće u granicama od 0 do 14. Koncentracija vodikovih iona određuje otopinu kao kiselu ili bazičnu pri čemu pH niži od 7 karakterizira vodu kiselom, a veći od 7 bazičnom. Vrijednost pH u prirodnim čistim vodama ovisi o karbonatnim i hidrogenkarbonatnim ionima, ali najviše o ugljikovom dioksidu koji potječe iz atmosfere, od bioloških procesa ili otapanja karbonatnih stijena. Niski pH u čistim vodama posljedica je otopljenog proizvoda biljne razgradnje te industrijskog otpada. Kisele vode djeluju korozivno na metale stoga su svi elementi vodoopskrbnih sustava skloni trošenju. Nasuprot tome, pri visokim pH vrijednostima nastaje bazična otopina koja ima veću tendenciju stvaranja kamenca i time uzrokuje materijalne štete. Prirodne vode imaju pH vrijednosti u granicama od 5,5 do 8,5. pH vrijednost otpadnih voda ovisi o sadržaju jakih i slabih kiselina/baza koje se ispuštaju iz industrijskih pogona [11].

Alkalitet je sposobnost vode da u dodiru s kiselinom uzrokuje smanjenje broja slobodnih iona čime se kiselina neutralizira. Do tog procesa dolazi i onda kada je voda potpuno neutralna tj. kada ne pokazuje niti kiseli niti bazni karakter, što čini temeljno svojstvo kemijskog djelovanja vode. Alkalitet u prirodnim vodama tvore karbonatni (CO_3^{2-}), hidrogenkarbonatni (HCO_3^-), hidroksidni (OH^-), silikatni ($HSiO_3^-$), boratni ($H_2BO_3^-$), fosfatni (HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$) i hidrogensulfidni (HS^-) ioni koji nastaju otapanjem mineralnih tvari u tlu i atmosferi. Najčešći ioni koji pridonose alkalinitetu vode su hidrogenkarbonatni, karbonatni i hidroksidni ioni. Alkalitet vode se određuje kiselo–baznom titracijom, volumetrijskom kemijskom analizom kojom se prati utrošak volumena standardne otopine kiseline, a izražava se u mg/L $CaCO_3$, ali nije ograničen normama za prirodnu i pitku vodu. On se upotrebljava

kao pokazatelj koji kod prirodnih voda označava sposobnost voda za neutralizaciju kiselina [11].

Električna vodljivost je sposobnost tekućine da provodi struju i ona ovisi o koncentraciji otopljenih tvari, temperaturi i vrsti otopljenih minerala. Kako bi se izmjerila sposobnost tvari da provode električnu struju, koristi se konduktivitet – indirektna mjera za ukupnu količinu otopljenih tvari u vodi. Mjerna jedinica za konduktivitet je mikrosiemens po centimetru [μS/cm]. Za dobivanje konačne vrijednosti, dobivena vrijednost električne vodljivosti pomnoži se s s faktorom između 0,54 i 0,96 za prirodnu vodu. Vrijednost faktora s kojim se množi ovisi o vrsti tvari koja je otopljena u vodi. Ako se ne zna što je otopljeno uzima se za faktor 0,67. Voda za piće mora imati vrijednost električne vodljivosti manju od 750 μS/cm [11].

2.2.2. Režim kisika

Režim kisika podrazumijeva topljivost kisika, zasićenje kisikom, biološku potrošnju kisika (BPK) i kemijsku potrošnju kisika (KPK).

Topljivost kisika u vodi ovisi o temperaturi. Više kisika otapa se u hladnoj nego u toploj vodi (npr. pri 25 °C topljivost kisika u vodi je 8,3 mg/L, a pri 4 °C 13,1 mg/L). Otopljeni kisik se definira kao masa kisika koji je otopljen u volumenu vode, a izražava se u miligramima kisika u litri vode, mg O_2/L. Osim o temperaturi, topljivost plinova ovisi o tlaku i salinitetu. Što je veći tlak zraka to će se u vodi otopiti više kisika, dok povećana vrijednost saliniteta rezultira manjom topivosti kisika u vodi [11].

Zasićenost kisikom je relativna mjera koja nam pokazuje postotak kisika otopljenog u vodi u odnosu na normalnu topljivost pri određenoj temperaturi. Zasićenost kisikom ispod 80 % ukazuje na povećanu potrošnju kisika što se naročito javlja ljeti u vodama stajaćicama zbog kumulativnog efekta visokih temperatura (manje O_2), pojačanje razgradnje organske tvari (troši se O_2) i bržeg metabolizma cijele zajednice. Kada je proces fotosinteze intenzivniji, moguća je zasićenost vode i do 100 % pri određenoj temperaturi [11].

Biokemijska potrošnja kisika (BPK) pokazatelj je količine razgradive organske tvari u vodi. BPK označava količinu kisika potrebnu da se biološki razgradi organska tvar pomoću mikroorganizama. Potpuna razgradnja organskih tvari traje vrlo dugo. Količina kisika potrebna za potpunu razgradnju naziva se ukupna BPK. Zbog kvantificiranja opterećenja otpadnih voda organskom tvari za praktične potrebe uveden je pokazatelj petodnevne biokemijske potrošnje kisika (BPK_5) koji se odvija pri temperaturi 20 °C te se izražava u mg/L O_2. Biokemijskom oksidacijom razgrađuju se ugljikovi i dušikovi spojevi. Nakon 20 dana razgradi se oko 95 – 98 % ugljikovih spojeva, a tijekom petodnevnog razdoblja oko 60 – 70 %. Pokazatelj BPK nije uvijek pouzdan pokazatelj količine organske tvari u vodi, posebno kada voda sadrži nerazgradive organske tvari ili tvari koje ometaju rast mikroorganizama. Međutim, BPK se uvijek primjenjuje kao parametar kakvoće vode jer približno određuje sadržaj organske tvar u vodi. Vode s visokom vrijednošću BPK nepovoljne su za žive organizme, a granične vrijednosti BPK_5 u vodi za piće ne smiju biti iznad 4 mg/L [11].

Kemijska potrošnja kisika (KPK) pokazatelj je količine nerazgradive organske tvari u vodi. Izračunava se iz potrošnje oksidacijskog sredstva, kalijevog permanganata ($KMnO_4$) ili kalijevog bikromata ($K_2Cr_2O_7$), i izražava u mg/L O_2. Nerazgradive organske tvari mogu se procijeniti prema količini ukupnog organskog ugljika (engl. *Total Organic Carbon*, TOC) u vodi [11].

2.2.3. Hranjive tvari

U hranjive tvari (nutrijente) ubrajaju se spojevi dušika i fosfora. Dušik je jedan od najrasprostranjenijih elemenata u prirodi, nalazi se u anorganskim i organskim oblicima. Najčešći oblici u kojima se dušik može naći u prirodi su elementarni dušik (N_2), nitrati (NO_3^-), nitriti (NO_2^-) i amonij. Koncetracija dušikovih spojeva izražava se u u mg/L N. Organski dušik i amonij (amonijak) u vodi nisu poželjni jer troše kisik za daljnju razgradnju [11].

Neke vrste algi, bakterija i biljaka fiksiraju dušik iz atmosfere, ali najveći dio dušikovih spojeva dolazi kao proizvod razgradnje organskih tvari. Dodatne količine dušikovih spojeva unose se ispiranjem poljoprivrednih zemljišta u vodne sustave. U vodnim sustavima gdje postoje dovoljne količine otopljenog kisika, dolazi do procesa nitrifikacije prilikom čega dolazi do razgradnje organske tvari od amonijaka preko nitrita do nitrata [11].

Amonij može biti otrovan za neke ribe i druge vodne organizme te djeluje korozivno. Količina amonijaka u vodi nepovoljna je pri dezinfekciji klorom zbog stvaranja spojeva klor amina, koji su za neke organizme opasniji od klora [11].

Dušik se u vodi najčešće pojavljuje u obliku **nitrita** ($\mathbf{NO_2^-}$) i **nitrata** ($\mathbf{NO_3^-}$). Nitriti se u većim koncentracijama javljaju u vodama s nižom koncentracijom kisika. Prirodne vode obično imaju manje od 1 mg/L $N\text{-}NO_3^-$. Prirodni izvori povećane koncentracije nitrata u vodi su kiša, snijeg, magla ili raspad organske tvari u tlu i u sedimentu. Primjenom umjetnih gnojiva u poljoprivredi, povećava se i koncentracija dušika u tlu i vodi. Kod prevelikih koncentracija dolazi do promjene mirisa i okusa vode [12]. Nitrati su otrovni u vodi za mlade životinje, ali i za djecu. Ukoliko voda za piće sadrži veće količine nitrata, može izazvati bolesti methemoglobinemiju, poznatiju pod nazivom *„plavo dijete"*. U prirodnim vodama dušikovi spojevi ukazuju na organsko onečišćenje te vrijeme kad je nastalo onečišćenje vode. Amonijak je pokazatelj novijeg onečišćenja, nitriti razmjerno blagog, a nitrati davnog onečišćenja organskom tvari. U podzemnim vodama nitrati i nitriti mogu biti posljedica geološko–kemijske aktivnosti [11].

Fosfor se nalazi u obliku ortofosfata, polifosfata i organski vezanog fosfora. Prirodne vode obogaćuju se fosfatima razgradnjom organske tvari, ispiranjem zemljišta, naročito poljoprivrednih gdje se primjenjuju umjetna gnojiva. Zbog upotrebe deterdženata u kućanstvima i industriji, otpadne vode predstavljaju značajan izvor fosfata. Fosfati se u vodenim sustavima razgrađuju, ali vrlo sporo. Alge i biljke za proces fotosinteze koriste ortofosfate (PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, H_3PO_4). Fosfati nisu otrovni te ne predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje ukoliko njihova koncentracija ne prelazi granične vrijednosti. Koncentracija fosfornih spojeva izražava se u mg/L P [11].

2.3. Kakvoća vode rijeke Mure

Pregled znanstvene literature pokazao je nedostatak radova koji se bave monitoringom kakvoće vode rijeke Mure. Među znanstvenim radovima mogu se naći radovi koji se bave morfodinamičkim procesima rijeke Mure, prvenstveno u Sloveniji [13]. Kittinger i sur. (2013) bave se procjenom kakvoće vode rijeke Mure u vremenskom razdoblju od 2009. –

2010. godine na 21 lokaciji u Austriji, dok se onaj dio toka rijeke Mure koji se nalazi u Sloveniji, Mađarskoj i Hrvatskoj nije analizirao. Kittinger i sur. proveli su ekotoksikološka istraživanja i utvrdili bakterije indikatore fekalnog zagađenja (enterokoki, *Escherichia coli*). Voda rijeke Mure obzirom na provedeno istraživanje u Austriji ocijenjena je lošom, a visoka koncentracija indikatora fekalnog zagađenja izravno je povezana s otpadnim vodama [14].

Mogu se naći i radovi koji se bave vodonosnikom rijeke Mure. Tako na primjer Rman (2014) iznosi podatke o nekim fizikalno–kemijskim čimbenicima podzemne vode vodnosnika rijeke Mure u Sloveniji (Mura-Zala sliv). Između ostalih, analiziran je pH i električna vodljivost za razdoblje od 1962. do 2011. godine [15]. Božičeк i sur. (2017) također svom radu iznose podatke o istim fizikalno-kemijskim čimbenicima podzemne vode vodnosnika rijeke Mure u Sloveniji, a podaci se odnose na 2011. i 2012. godinu. pH vrijednost se kretala između 7,5 i 8,2, a električna vodljivost između 1064 i 1320 μS/cm [16]. Međutim, kako se u ovom radu promatra i analizira površinska voda, podaci izneseni u radu Božičeк i sur., koji se odnose na podzemnu vodu, ne mogu se koristiti za usporedbu.

Zarfel i sur. (2017) su istražili prisutnost i biodiverzitet enterobakterija u vodi rijeke Mure u centru Graza u razdoblju od četiri mjeseca. Prisutne bakterije upućuju na zagađenje vode fekalnim vodama, a u radu su dokazali da je *E. coli* dominantna enterobakterija u ispitivanim uzorcima vode. U radu je naglašeno kako se rijeka Mura koristi u razne svrhe (rekreacija, sport), ali da direktan kontakt s riječnom vodom nije preporučljiv jer može dovesti do kolonizacije i infekcije multirszistentnim bakterijama [17]. Iako vodeni živi svijet može dati sliku kakvoće vode nekog vodnog tijela, u ovom je radu fokus na fizikalno–kemijske parametre kakvoće vode koji u radu Zarfel i sur. nisu analizirani.

Schinegger i sur. (2018) se bave utjecajem antropogenih stresora na populaciju riba u rijekama Dravi i Muri u Austriji, s naglaskom na hidrološkom stresu uzrokovanom izgradnjom hidroelektrana i morfološkim izmjenama terena zbog zaštite od poplave [18]. Međutim, ni u ovom radu nema informacija o kakvoći vode rijeke Mure.

Iako se mogu naći različiti znanstveni radovi o rijeci Muri, do ovog istraživanja nema sustavnih istraživanja fizikalno–kemijskih parametara kakvoće površinske vode rijeke Mure. Istraživanje koje je provedeno u ovome radu do sada se nije često radilo na ovim područjima, pa su i literaturni podaci s kojima se mogu usporediti rezultati ovog diplomskog rada rijetki.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

Rijeka Mura izvire u Austriji u dijelu Visokih Tura na 1898 metara nadmorske visine. Njezin tok prolazi kroz Austriju, Sloveniju, Mađarsku, gdje je pogranična rijeka i zatim dolazi u Hrvatsku **(Slika 3.)**. U svom donjem toku ima nekoliko pritoka, a to su Šćavnica, Krka, Trnava i Principališ. Mura je najveća pritoka rijeke Drave, a u Dravu se ulijeva između Donje Dubrave u Međimurju i Legrada u Podravini, na lokaciji Veliki Pažut koja je zaštićena kao *posebni rezervat*. Poplavne šume protežu se tokom rijeke Mure, a posebno se ističe područje šume Muršćak. Mura ima pluvijalno-glacijalni ili kišno-ledenjački režim, pa njezin vodostaj ovisi o dva faktora: o topljenju ledenjaka u Austriji te o količini kišnih oborina diljem porječja u četiri zemlje kroz koje protječe [1, 2].



Slika 3. Tok rijeke Mure [19].

Istraživanje se odnosi na lokaciju na području Međimurske županije u općini Goričan (naselje Goričan) **(Slika 4.)**. Međimurska županija je omeđena prirodnim granicama, rijekom Murom na sjeveru i istoku, a rijekom Dravom na jugu. Općina Goričan je smještena u ističnom dijelu Međimurske županije i zauzima površinu od 21 565 km^2. Prema podacima o popisu stanovništva provedenom 2011. godine Općina Goričan ima 2 823 stanovnika [20].

Povoljan prometni položaj Općine Goričan je jedan od velikih prednosti za stanovništvo. Na području Općine poljoprivreda je najvažnija grana gospodarstva. Od ukupne površine Općine evidentirano je 1 781 ha plodnog poljoprivrednog zemljišta i 920 kućanstava u poljoprivrednoj proizvodnji. Neka od poljoprivrednih gospodarstava bave se i stočarstvom, oko 22 kućanstva. Na području Općine Goričan šumske površine zauzimaju oko 511 ha. Riječ je o šumama gospodarske namjene pretežito lociranih u središnjem i južnom dijelu Općine te zaštitnim šumama uz rijeku Muru [21].

Navedene djelatnosti ukazuju na to da je područje Općine Goričan urbanizirano i gospodarski razvijeno. Međutim, te iste djelatnosti su potencijalni izvor onečišćenja prirode i okoliša, a samim time i rijeka Drave i Mure.



Slika 4. Kartografski prikaz Općine Goričan [22].

3.2. Uzorkovanje površinske vode

Uzorkovanje vode rijeke Mure rađeno je na mjernoj postaji Goričan (29210). Uzorci su uzimani u prosjeku jedan put mjesečno u razdoblju od 2004. do 2017. godine.

3.3. Analizirani parametri kakvoće vode

Parametri kakvoće vode rijeke Mure koji su analizirani su: vodostaj, temperatura vode, ukupne suspendirane tvari, pH vrijednost, električna vodljivost, alkalitet m–vrijednosti, ukupna tvrdoća, otopljeni kisik, zasićenje kisikom, BPK_5, KPK-Mn, KPK-Cr, amonij, nitriti, nitrati, ukupni dušik, anorganski dušik i ortofosfati. Od ukupno 18 analiziranih parametara, u statističkoj obradi su neki parametri izostavljeni zbog nedosljednosti u broju uzoraka. Za statističku obradu podataka korišten je program *Statistika 13.3.*

U **Tablici 1.** navedeni su parametri koji su analizirani u uzorcima površinske vode rijeke Mure te metode i tehnike koje se inače koriste za njihovu analizu. Navedene metode za određivanje parametara dane su u *Uredbi o klasifikaciji voda* (NN 137/08) [10].

Tablica 1. Metode i tehnike za analizu fizikalno–kemijskih parametara kakvoće vode [10].

PARAMETAR	METODA	TEHNIKA
pH vrijednost	HRN ISO 10523:1998	Elektrometrija
Električna vodljivost	HRN EN 27888:2008	Konduktometrija
Alkalitet	HRN EN ISO-1:1998	Titrimetrija
Otopljeni kisik	HRN EN 25813:2003, HRN EN 25814:1998	Elektrometrija
Zasićenje kisikom	Računski način	
BPK_5	HRN EN ISO 1899-1:2004, HRN EN ISO 1899-2:2004	Titrimetrija
KPK-Mn	HR EN ISO 8467:2001	Titrimetrija
KPK-Cr	HRN ISO 6060:2003 HR EN ISO 8467:2001	Titrimetrija
Amonij	HRN ISO 5664:1998, HRN ISO 7150-1:1998, HRN RN ISO 14911:2001	Spektrofotometrija
Nitriti	HRN EN 26777:1998, HRN EN ISO 10304-1:1998	Spektrofotometrija
Nitrati	HRN ISO 7890-1:1998, HRN ISO 7890-3:1998, HRN ISO 10304-1:1998	Spektrofotometrija
Ukupni dušik	HRN ISO5663:2001+(NO_2^-+NO_3^-), HRN EN ISO 119505-1:2001, HRN EN 12260:2008	Metoda po Kjeldahlu
Ukupni fosfor	HRN ISO 6878: 2001	Spektrofotometrija
Ortofosfati	HRN EN ISO 6878:2001	Spektrofotometrija

3.4. Zakoni, regulative i norme o kakvoći vode

Zakon o vodama (NN 153/09, 130/11, 56/13, 14/14, 46/18, 66/19) uređuje pravni status voda, vodnog dobra i vodnih građevina, upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštitu od štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, posebne djelatnosti za potrebe upravljanja vodama, institucionalni ustroj obavljanja tih djelatnosti i druga pitanja vezana za vode i vodno dobro. Također ovim Zakonom se ne uređuju radiološka onečišćenja voda i vodnoga dobra [23].

Na temelju članka 47. stavka 1. Zakona o vodama (NN 66/19), Vlada Republike Hrvatske je na sjednici održanoj 3. listopada 2019. godine donijela *Uredbu o standardu kakvoće voda*. Uredbom se propisuje standard kakvoće voda za površinske uključujući i priobalne vode i vode teritorijalnog mora te podzemne vode, posebni ciljevi zaštite voda, kriteriji za utvrđivanje ciljeva zaštite voda, uvjeti za produženje rokova za postizanje ciljeva zaštite voda, elementi za ocjenjivanje stanja voda, monitoring stanja voda i izvještavanje o stanju voda [24].

Uredbom o klasifikaciji voda (NN 137/08) određuju se vrste voda za sve površinske vode, osim prijelaznih i priobalnih voda. Klasifikacijom voda ocjenjuje se kakvoća voda i obavlja svrstavanje voda u vrste na temelju dopuštenih graničnih vrijednosti pojedinih skupina pokazatelja, koji obilježavaju izvore i uzročnike onečišćenja voda [10].

3.5. Obrada podataka

U ovom radu, za standardnu obradu podataka primjenjena je osnovna statistika. Korišten je neparametrijski Kruskal–Wallis test. Kako bi se uspješno analizirao velik broj podataka, uz osnovnu statistiku korištena je i multivarijatna metoda: analiza glavnih komponenata (engl. *Principal Component Analysis*, PCA) i klaster analiza (engl. *Custer Analysis*). Multivarijatne metode analize podataka omogućuju istovremeno promatranje svih varijabli i pronalaženje međusobnih korelacija. Tako omogućuju ekstrakciju relevantnih podataka, njihovu predobradu kao i pronalaženje pravilnosti unutar skupa podataka. Na temelju tako obrađenih podataka moguće je donositi zaključke koji se mogu iskoristiti u

svrhu predviđanja, raspoznavanja uzoraka, njihove klasifikacije, sažimanja podataka, objedinjenja opažanja itd. Korišten je program *Statistica 13.3.*

4. REZULTATI I RASPRAVA

U poglavlju su prikazani obrađeni rezultati istraživanja fizikalno–kemijskih parametara kakvoće površinske vode rijeke Mure prikupljenih na lokaciji Goričan (29210) u razdoblju od 14 godina. Svi podaci dobiveni su od Hrvatskih voda, odnose se na dio toka rijeke Mure u RH (donji tok rijeke, oznaka tipa HR R 5B, a radi se o nizinskoj vrlo velikoj tekućici u silikatnoj i vapnenačkoj podlozi). Broj uzoraka varirao je ovisno o lokaciji i godini, a u prosjeku je iznosio jedan put mjesečno.

Vrijednosti parametara kakvoće vode mogu se analizirati u odnosu na literaturne podatke, kako bi se dobila slika stanja vodnog tijela u odnosu na neko vremensko razdoblje ili lokaciju. Kako nacionalna legislativa definira granične vrijednosti za ove parametre, prava slika može se dobiti usporedbom dobivenih vrijednosti sa zakonskim normama.

4.1. Pokazatelji ekološkog stanja vode rijeke Mure

Pri ocjeni stanja vodnog tijela na temelju osnovnih fizikalno–kemijskih parametara, stanje tog tijela utvrđuje se prema vrijednosti 50-tog percentila. U **Tablicama 2. – 9.** prikazani su dobiveni rezultati za osnovne fizikalno–kemijske parametre (minimalna vrijednost, maksimalna vrijednost, srednja vrijednost), izraženi po godini, za površinsku vodu rijeke Mure.

Tablica 2. Utvrđene godišnje pH vrijednosti na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine. Legenda: max – maksimalna vrijednost, min – minimalna vrijednost, sr. vr. – srednja vrijednost.

pH	min	max	sr. vr.
2004	7,10	8,20	7,78
2005	7,10	8,10	7,65
2006	7,52	8,32	8,01
2007	7,50	8,23	8,00
2008	7,71	8,37	8,00
2009	7,47	8,21	7,82
2010	7,68	8,15	7,97
2011	7,49	8,19	7,93
2012	7,78	8,19	8,02
2013	7,63	8,30	7,99
2014	7,80	8,10	7,96
2015	7,70	8,30	8,00
2016	7,80	8,20	8,03
2017	7,20	8,10	7,93

Tablica 3. Utvrđene godišnje vrijednosti BPK_5 na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

BPK_5 $(mg\ O_2\ /L)$	min	max	sr. vr.
2004	1,40	3,30	2,11
2005	0,70	5,40	2,38
2006	0,80	7,90	2,53
2007	0,50	5,10	1,81
2008	0,70	17,00	2,45
2009	0,90	7,20	2,03
2010	1,10	4,50	2,13
2011	0,70	4,30	1,89
2012	1,20	5,00	2,73
2013	1,40	6,20	2,76
2014	0,70	5,30	2,20
2015	1,30	5,50	2,28
2016	0,60	6,40	1,79
2017	0,80	9,00	2,30

Tablica 4. Utvrđene godišnje vrijednosti KPK-Mn na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

KPK-Mn (mg O_2 /L)	**min**	**max**	**sr. vr.**
2004	3,60	5,60	4,73
2005	4,00	13,00	5,55
2006	3,30	12,10	5,56
2007	2,40	8,70	4,74
2008	1,30	24,00	5,42
2009	2,60	11,00	5,10
2010	3,80	7,80	5,08
2011	2,90	15,10	5,50
2012	4,30	34,00	7,68
2013	3,00	10,50	5,23
2014	2,10	9,60	4,37
2015	1,80	7,40	4,03
2016	3,60	11,80	5,29
2017	3,00	37,80	7,59

Tablica 5. Utvrđene godišnje vrijednosti koncentracije amonija na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Amonij (mg N/L)	**min**	**max**	**sr. vr.**
2004	0,02	0,23	0,09
2005	0,02	0,13	0,07
2006	0,01	0,19	0,07
2007	0,01	0,12	0,05
2008	0,01	0,10	0,04
2009	0,01	0,22	0,07
2010	0,02	0,23	0,08
2011	0,01	0,10	0,04
2012	0,02	0,27	0,06
2013	0,02	0,16	0,06
2014	0,01	0,06	0,03
2015	0,01	0,09	0,03
2016	0,02	0,10	0,03
2017	0,01	0,13	0,03

Tablica 6. Utvrđene godišnje vrijednosti koncentracije nitrata na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004.– 2017. godine.

Nitrati (mg N/L)	min	max	sr. vr.
2004	1,15	2,36	1,68
2005	1,06	2,70	1,64
2006	1,00	3,00	1,76
2007	0,90	2,10	1,44
2008	0,75	3,06	1,23
2009	1,00	2,88	1,57
2010	1,13	2,90	1,59
2011	1,06	2,10	1,42
2012	0,76	1,73	1,22
2013	0,97	2,67	1,46
2014	1,00	2,11	1,41
2015	0,89	1,98	1,34
2016	1,00	2,21	1,40
2017	0,71	2,22	1,29

Tablica 7. Utvrđene godišnje vrijednosti koncentracije ukupnog dušika na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Ukupni dušik (mg N/L)	min	max	sr. vr.
2004	1,51	2,74	2,14
2005	1,65	3,11	2,15
2006	1,27	3,77	2,28
2007	1,10	2,81	1,78
2008	0,48	3,46	1,54
2009	1,15	3,34	1,87
2010	1,28	3,32	1,90
2011	1,17	2,81	1,68
2012	0,98	1,87	1,53
2013	1,22	3,53	1,85
2014	1,24	2,17	1,62
2015	1,20	2,24	1,58
2016	1,38	2,71	1,77
2017	1,21	3,00	1,75

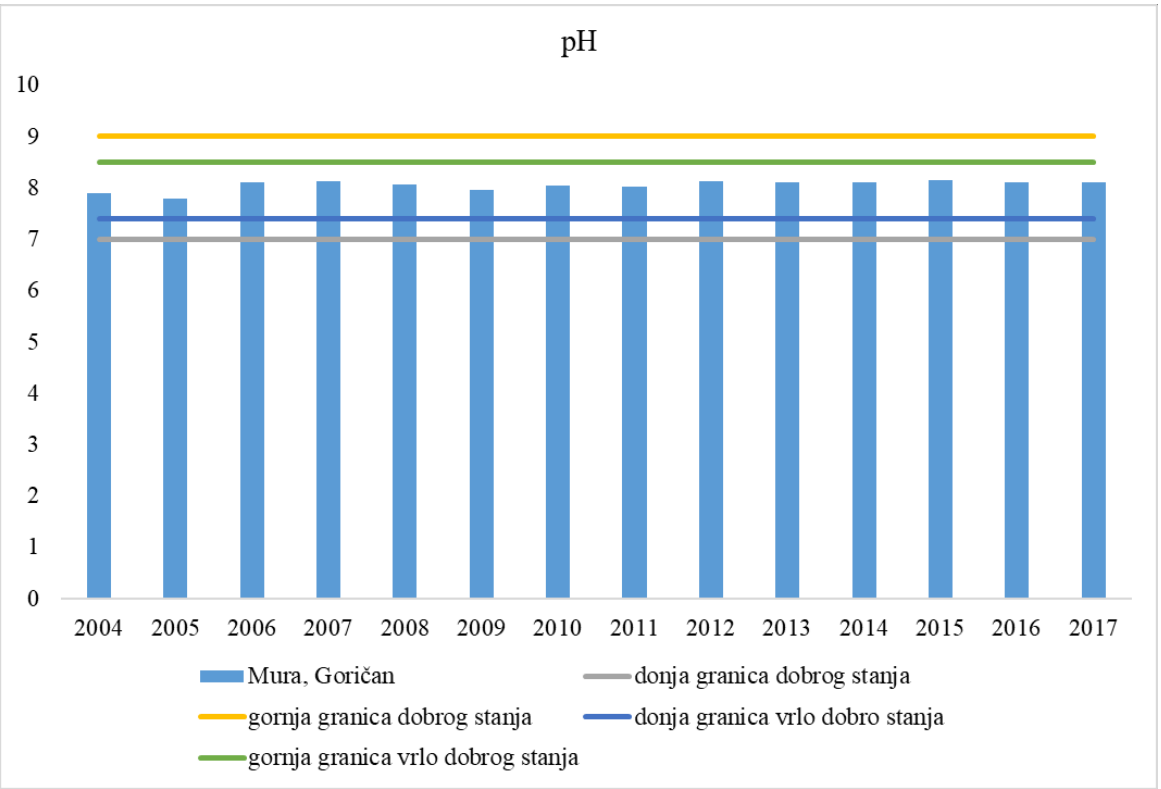
Tablica 8. Utvrđene godišnje vrijednosti koncentracije ortofosfata na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Ortofosfati (mg P/L)	**min**	**max**	**sr. vr.**
2004	0,03	0,09	0,05
2005	0,01	0,13	0,04
2006	0,01	0,14	0,04
2007	0,01	0,14	0,04
2008	0,01	0,04	0,02
2009	0,01	0,04	0,02
2010	0,01	0,05	0,03
2011	0,01	0,05	0,02
2012	0,01	0,07	0,02
2013	0,01	0,04	0,02
2014	0,01	0,03	0,02
2015	0,01	0,04	0,02
2016	0,01	0,04	0,02
2017	0,01	0,05	0,02

Tablica 9. Utvrđene godišnje vrijednosti koncentracije ukupnog fosfora na lokaciji Goričani (29210), za razdoblje od 2004. – 2016. godine.

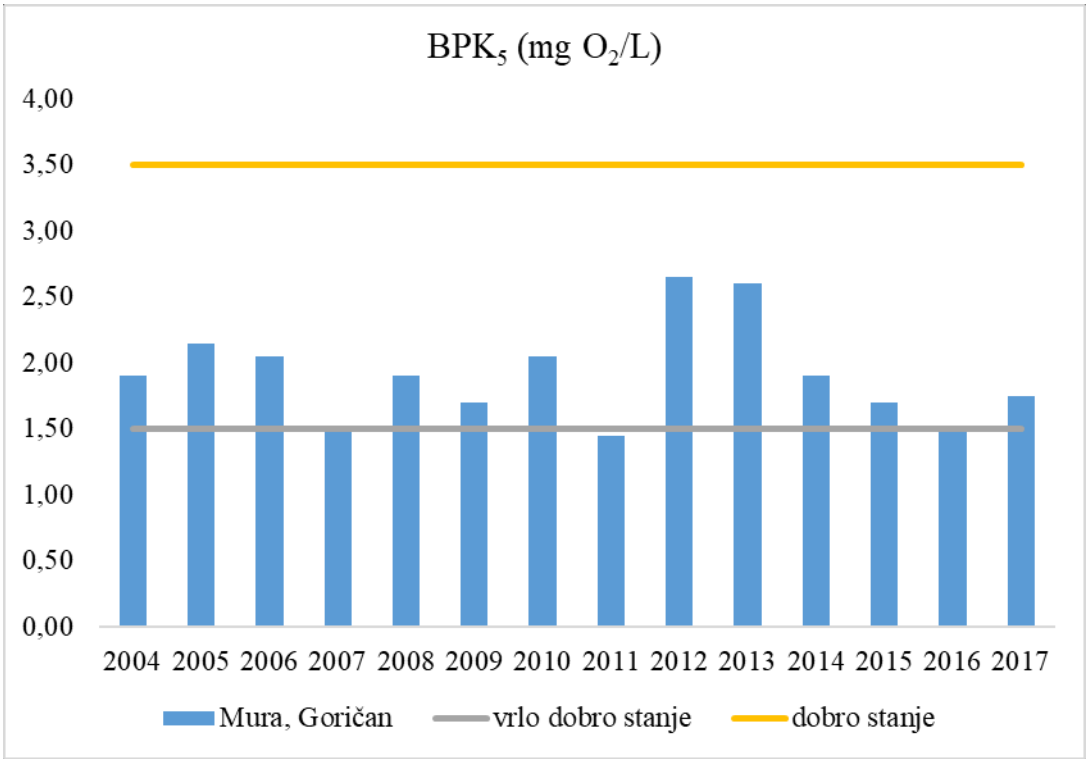
Ukupni fosfor (mg P/L)	**min**	**max**	**sr. vr.**
2004	0,07	0,13	0,09
2005	0,05	0,56	0,14
2006	0,04	1,01	0,14
2007	0,04	0,197	0,10
2008	0,025	0,62	0,11
2009	0,034	0,274	0,10
2010	0,049	0,215	0,10
2011	0,036	0,9449	0,15
2012	0,025	0,196	0,09
2013	0,039	0,286	0,11
2014	0,028	0,265	0,09
2015	0,029	0,242	0,10
2016	0,043	0,435	0,14

Na **Slikama 5. – 12.** prikazan je 50-ti pecentil po godini za svaki parametar i zakonom definirane granične vrijednosti za te parametre u površinskoj vodi rijeke Mure. Dobivene vijednosti su ocijenjene prema graničnim vrijednostima kategorija ekološkog stanja vode koje su dane u *Uredbi o standardu kakvoće voda*.



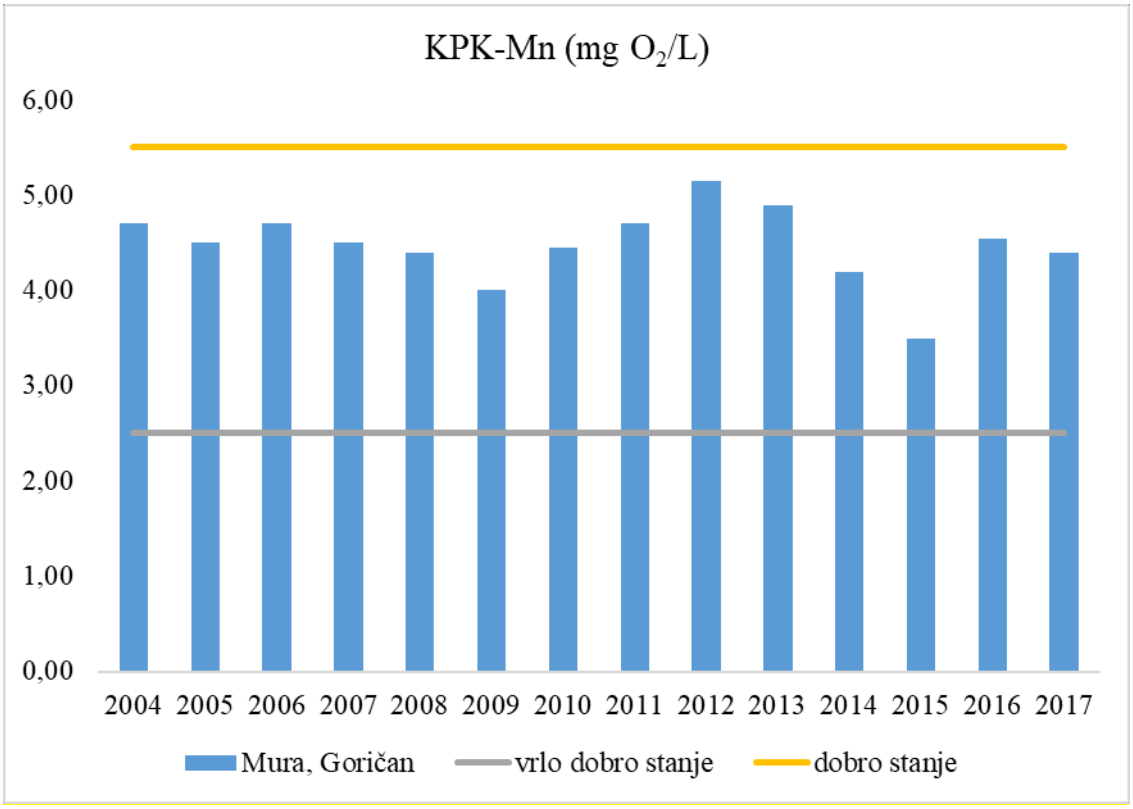
Slika 5. Grafički prikaz 50-tog percentila pH vrijednosti izmjerenoj u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na pH vrijednost može se ocijeniti vrlo dobrom. Kao što je prikazano na **Slici 5.**, pH vrijednost ne pokazuje velike oscilacije u promatranom razdoblju te je u cijelom vremenskom razdoblju slična. S godinama dolazi do blagog porasta pH vrijednosti u iznosu od oko 0,1 do 0,2 pH jednica. Budući da je optimalan pH za vodene organizame oko 7,2 do 8, može se zaključiti da pH nema negativan utjecaja na vodeni živi svijet rijeke Mure.



Slika 6. Grafički prikaz 50-tog percentila BPK_5 vrijednosti izmjerenoj u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na BPK_5 vrijednost može se ocijeniti dobrom i vrlo dobrom (ovisno o lokaciji i godini). Kao što je prikazano na **Slici 6.**, BPK_5 vrijednost pokazuje znatne oscilacije u promatranom razdoblju. Prvi porast vrijednosti BPK_5 vidljiv je 2005. godine, zatim vrijednost BPK_5 pada do 2007. godine kada se stanje može ocijeniti vrlo dobrim. Međutim, već 2008. godine vrijednost BPK_5 ponovo raste i prelazi u dobro stanje u kojem ostaje sve do većeg idućeg pada 2011. godine (vrlo dobro stanje). 2012. i 2013. godine uočen je veliki porast vrijednosti ovog parametra, nakon čega slijedi pad sve do 2016. godine kada je stanje površinske vode rijeke Mure opet vrlo dobro. Već iduće godine uočava se porast vrijednost BPK_5 i stanje se opet može opisati dobrim, ali 50-ti percentil za ovu godinu je ipak malo manji od onoga za 2004. godinu.

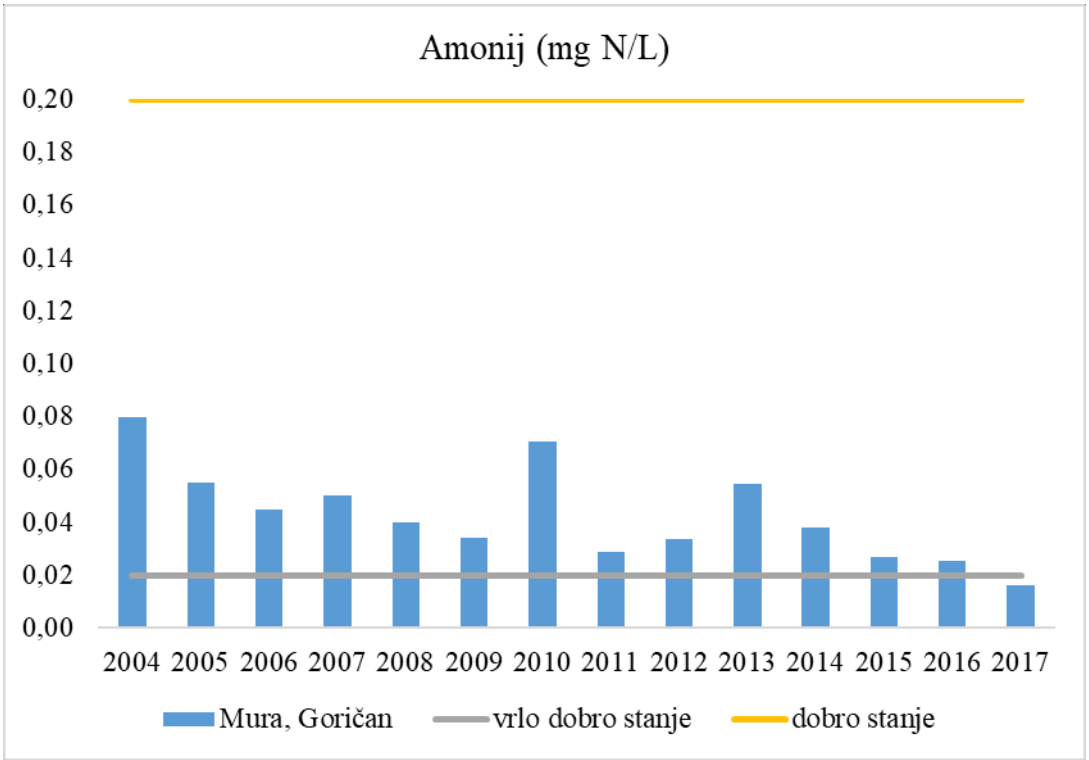


Slika 7. Grafički prikaz 50-tog percentila KPK-Mn vrijednosti izmjerenoj u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na KPK vrijednost može se ocijeniti dobrom. Kao što je prikazano na **Slici 7.**, KPK vrijednost pokazuje znatne oscilacije u promatranom razdoblju. U razdoblju od 2004. do 2008. godine uočavaju se blage oscilacije, a 2009. godine dolazi do još jednog pada u vrijednosti ovog parametra. Već 2010. godine vrijednost KPK raste, a rast se nastavlja sve do 2012. godine za koju je utvrđen najveći iznos 50-tog percentila u promatranom vremenskom razdoblju. Od 2013. do 2015. slijedi pad, nakon čega je 2016. i 2017. uočen veliki porast u iznosu 50-tog percentila KPK, ali 50-ti percentil za 2017. godinu je ipak malo manji od onoga za 2004. godinu.

BPK i KPK ukazuju na režim kisika u vodnom tijelu jer se odnose na biokemijske procese. KPK je mjera biodostupne inertne organske tvari koja je osjetljiva na oksidaciju jakim oksidansom. BPK je mjera za količinu kisika potrebnog za oksidaciju organskih tvari u vodi. Ako KPK i BPK prelaze graničnu vrijednost, vodno tijelo je onečišćeno, tj. preopterećeno organskom tvari. Pad vrijednosti KPK i BPK povezuje se sa smanjenom

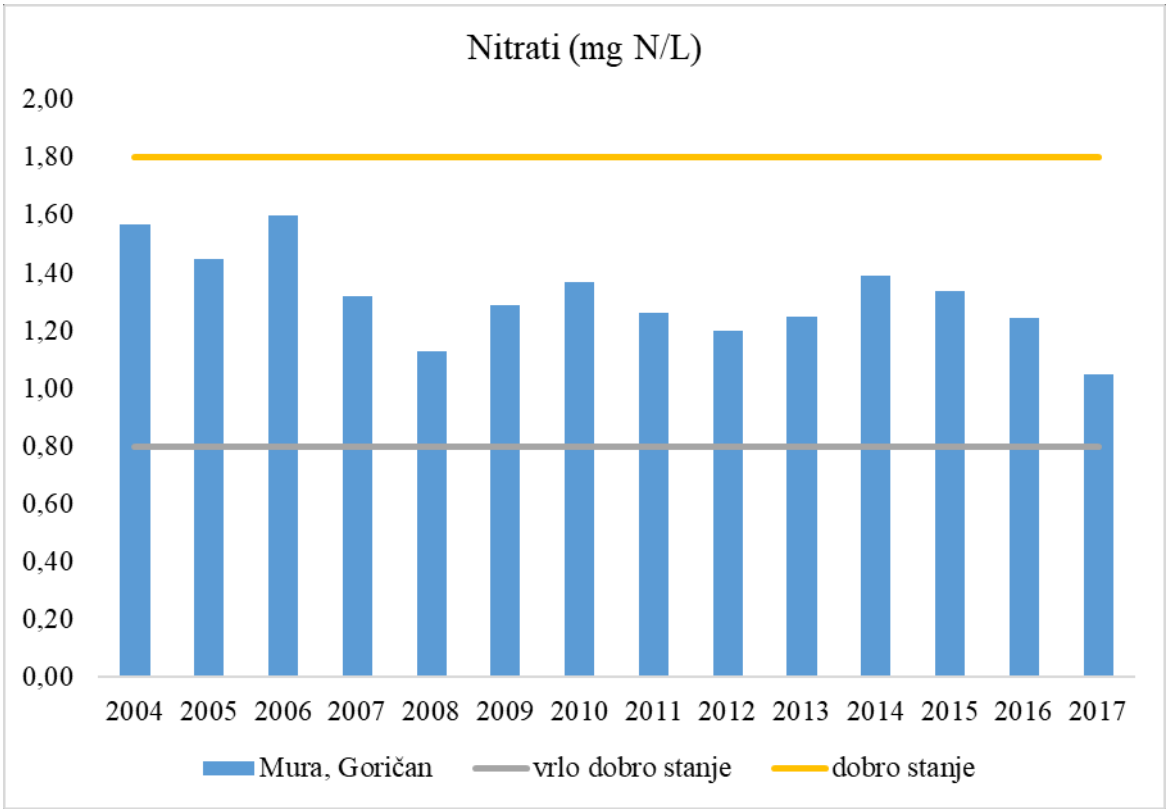
industrijskom i poljoprivrednom proizvodnjom, dok je porast povezan s otpadnim vodama iz industrije, procijednim vodama odlagališta otpada, poljoprivrednim otpadnim vodama i s okolnim močvarama i priobalnim biljkama [25]. Obzirom da su u promatranom razdoblju u površinskoj vodi rijeke Mure utvrđene vrijednosti oba parametra nalaze ispod granične vrijednosti dobrog stanja, stanje vodnog tijela rijeke Mure s obzirom na ova dva parametra može se ocijeniti dobrim.



Slika 8. Grafički prikaz 50-tog percentila koncentracije amonija izmjerene u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na sadržaj amonija može se ocijeniti dobrom i vrlo dobrom (ovisno o lokaciji i godini). Kao što je prikazano na **Slici 8.**, sadržaj amonija pokazuje oscilacije u promatranom razdoblju te je 2017. godine znatno niži nego 2004. godine i nalazi se unutar granice vrlo dobro stanja. 2004. godine vidljiv je porast vrijednosti koncentracije amonija, nakon kojega vrijednost pada do 2006. godine. Već 2007. godine vrijednost raste, pa 2008. i 2009. ponovo pada. Idući veliki rast uočen je 2010. godine, pa 2013. godine nakon koje dolazi do pada vrijednosti ovog parametra.

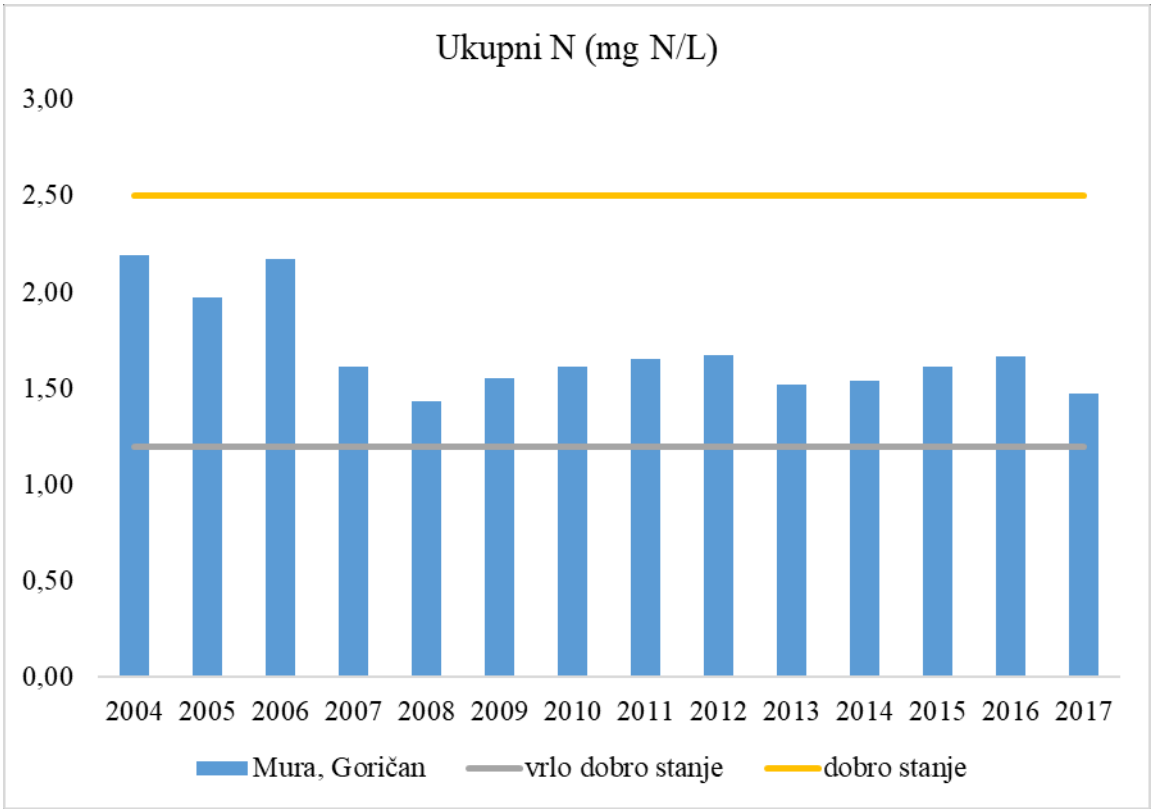
Sadržaj amonija u nezagađenim vodama obično je nizak, a povišene koncentracije upućuju na ispuste iz kanalizacije i kućanstava [26.–28]. U ovom radu uočen je pad sadržaja amonija kada se uspoređuje vrijednost 50-tog percentila 2004. i 2017. godine. Sadržaj dušika i dušikovih spojeva daje informacije o zagađenju vode, pa povišen sadržaj amonija ukazuje na nedavno zagađenje, a povišen sadržaj nitrata na starija zagađenja. Uočene oscilacije u sadržaju amonija pokazuju da kanalizacijske i industrijske otpadne vode koje rijeka Mura prima znatno utječu na kakvoću vode ove rijeke.



Slika 9. Grafički prikaz 50-tog percentila koncentracije nitrata izmjerene u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na sadržaj nitrata može se ocijeniti dobrom. Kao što je prikazano na **Slici 9.**, sadržaj nitrata pokazuje znatne oscilacije u promatranom razdoblju. Uočavaju se povišene vrijednosti koncentracije nitrata 2004., 2006., 2010. i 2014. godine, nakon koje slijedi pad u vrijednosti. 50-ti percentil za 2017. godinu manji je od onoga za 2004., pa se može pretpostaviti da s godinama dolazi do pada vrijednosti ovog parametra.

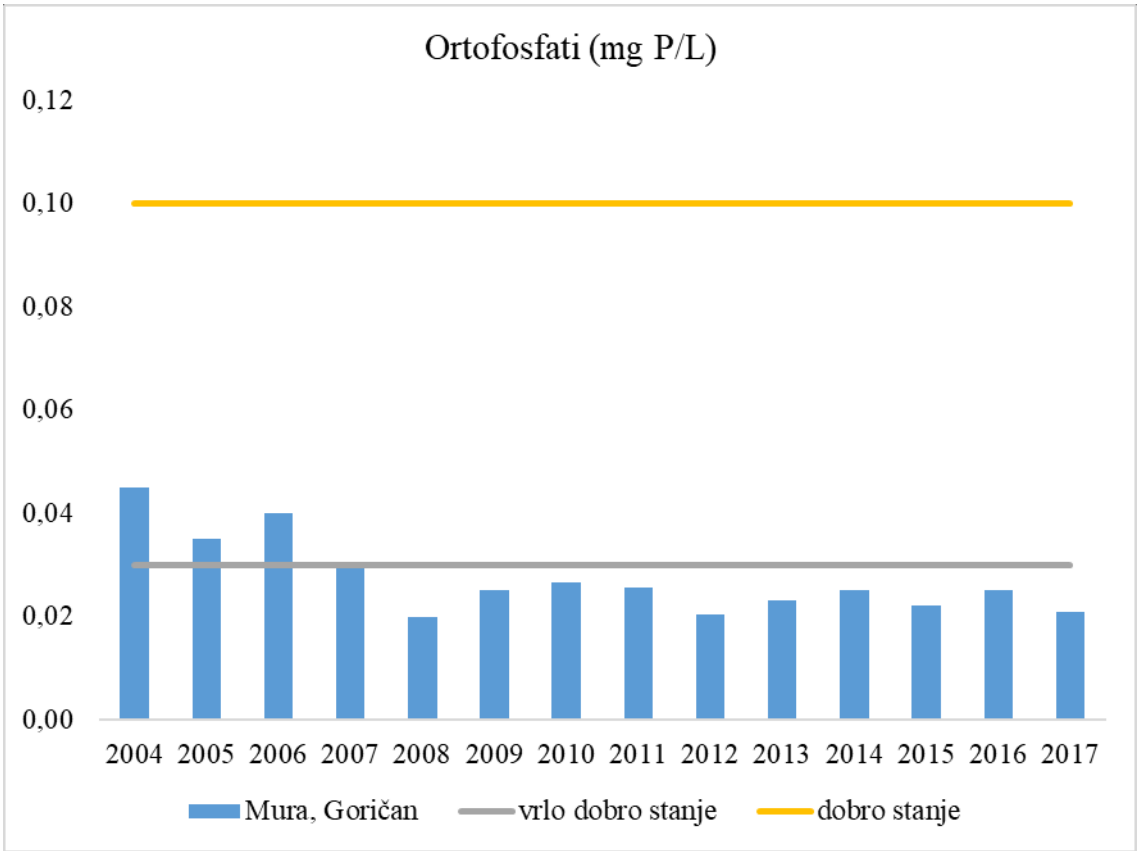
Povišena koncentracija nitrata u vodi smatra se posljedicom zagađenja putem otpadnih voda iz kanalizacije i kućanstava te industrije, ali i pretjerane upotrebe dušičnih gnojiva u poljoprivredi [29]. U ovom je radu uočen pad sadržaja nitrata što je vjerojatno rezultat smanjene poljoprivredne proizvodnje.



Slika 10. Grafički prikaz 50-tog percentila vrijednosti ukupnog dušika izmjerene u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

Sadržaj ukupnog dušika u vodi smatra se pokazateljem zagađenja vode zbog nedovoljno pročišćenih otpadnih voda i zbog pretjerane upotrebe dušičnih gnojiva. Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na vrijednost ukupnog dušika može se ocijeniti dobrom. Kao što je prikazano na **Slici 10.**, vrijednost ovog parametra pokazuje oscilacije koje su slične oscilacijama uočenima kod sadržaja nitrata. 50-ti percentil za 2017. godinu manji je od onoga za 2004. godinu te se može pretpostvaviti da s godinama dolazi do pada vrijednosti ovog parametra. Vrijednosti prikazane u radu slične su vrijednostima utvrđenima za druge rijeke istočne Europe, na primjer za Dunav i Savu [30, 31].

Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na vrijednost sadržaja ortofosfata na obje lokacije može se ocijeniti dobrom i vrlo dobrom (ovisno o lokaciji i godini). Kao što je prikazano na **Slici 11.**, vrijednost 50-tog percentila za sadržaj ortofosfata pokazuje znatne oscilacije u promatranom razdoblju.

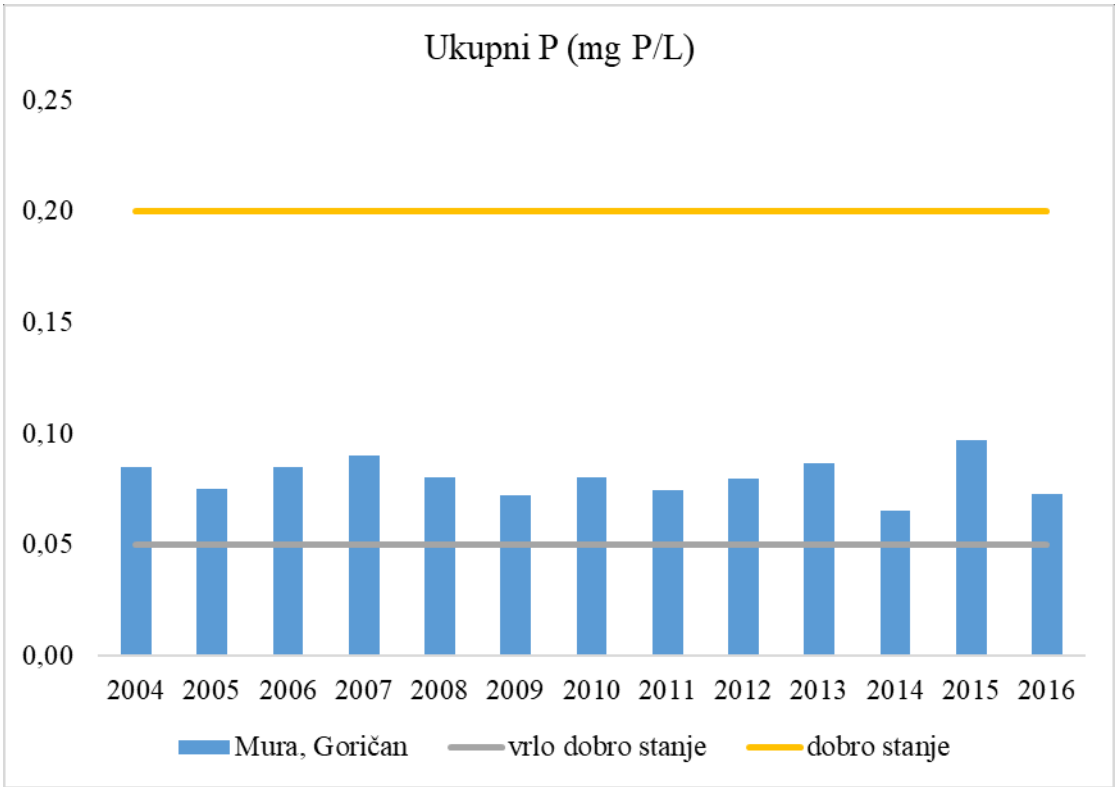


Slika 11. Grafički prikaz 50-tog percentila koncentracije ortofosfata izmjerene u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2017. godine.

U razdoblju od 2004. do 2006. godine, obzirom na ovaj parametar, kakvoća površinske vode rijeke Mure je dobra, ali već 2007. godine dolazi do pada vrijednosti i stanje se može ocijeniti vrlo dobrim. Vrlo dobro stanje vode ostaje i dalje, iako sadržaj ortofosfata pokazuje blage oscilacije, ali je 2017. godine sadržaj ortofosfata ipak znatno manji u odnosu na 2004. godinu te je stanje vode vrlo dobro.

Ukupni fosfor pokazatelj je zagađenja čiji su izvor kanalizacijske otpadne vode, gnojiva i deterdženti [48]. Prema 50-tom percentilu izraženom na godišnjem nivou, u

promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na ukupni fosfor na obje lokacije može se ocijeniti dobrom. Kao što je prikazano na **Slici 12.**, sadržaj ukupnog fosfora pokazuje oscilacije u promatranom razdoblju, ali u cijelom promatranom razdoblju ocjena stanja vode ostaje ista (dobro stanje).

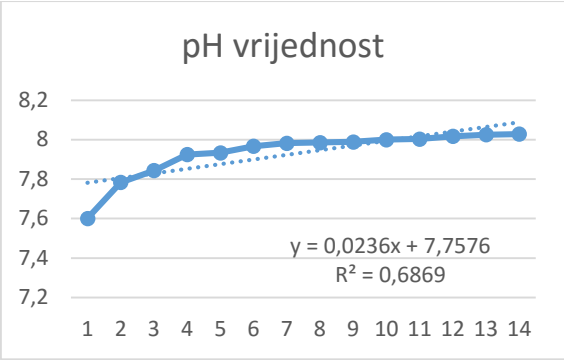


Slika 12. Grafički prikaz 50-tog percentila vrijednosti ukupnog fosfora izmjerene u površinskoj vodi rijeke Mure (Goričani, 29210), za razdoblje od 2004. – 2016. godine. Podaci za 2017. godinu nisu bili dostupni.

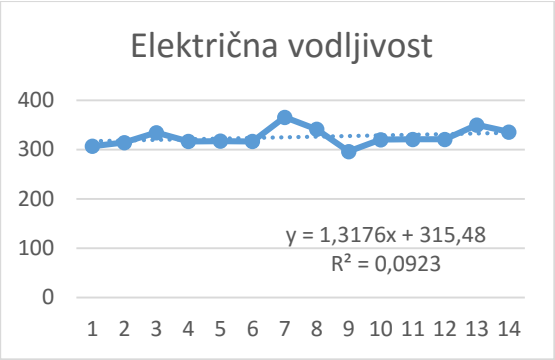
Prva povišena izmjerena vrijednost ukupnog fosfora u površinskoj vodi rijeke Mure je 2004. godine, nakon toga 2005. godine vrijednost pada, ali već 2006. i 2007. godine raste ponovo. Slijedeća povišena vrijednost je 2010. godine i ponovo 2012. i 2015. godine. 2016. godine vrijednost 50-tog percentila ovog parametra pada i manja je od one za 2004. godinu, što upućuje na pretpostavku da s godinama dolazi do pada vrijednosti ovog parametra iako je on i dalje unutar granice dobrog stanja. Uočeni pad sadržaja ortofosfata i ukupnog fosfora moguće je posljedica smanjenja primjene mineralnih gnojiva što je u skladu s Nitratnom direktivom (91/676/EEC) [33].

4.2. Trend Line

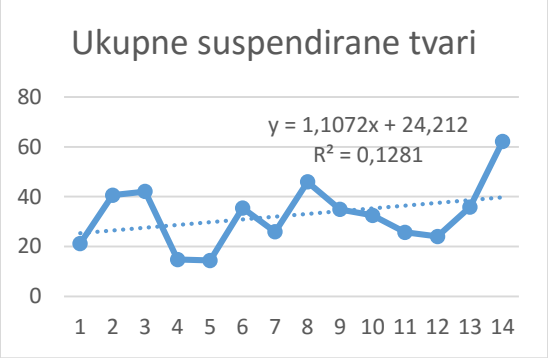
Za srednje vrijednosti svih praćenih parametara određen je trend tijekom 14 godina praćenja. Dobiveni rezultati su prikazani na slikama od **Slike 13.** do **Slike 28**.



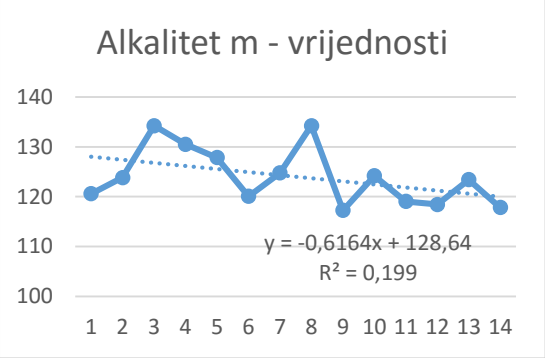
Slika 13. Trend line za pH vrijednost u razdoblju od 2004. do 2017.



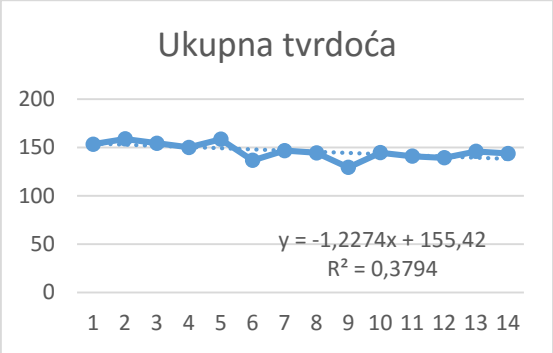
Slika 14. Trend line za električnu vodljivost u razdoblju od 2004. do 2017.



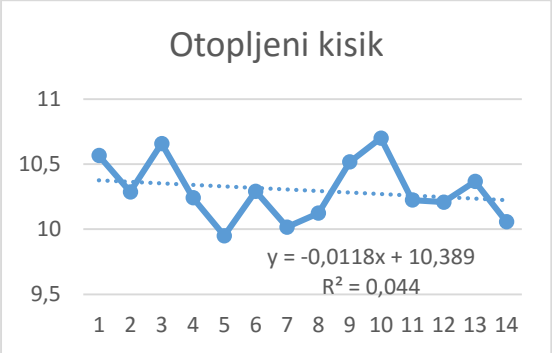
Slika 15. Trend line za ukupne suspendirane tvari u razdoblju od 2004. do 2017.



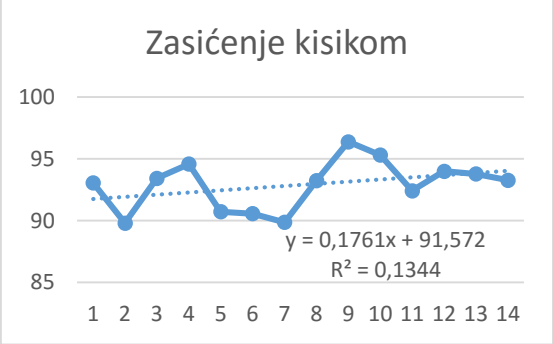
Slika 16. Trend line za alkalitet m– vrijednosti u razdoblj od 2004. do 2017.



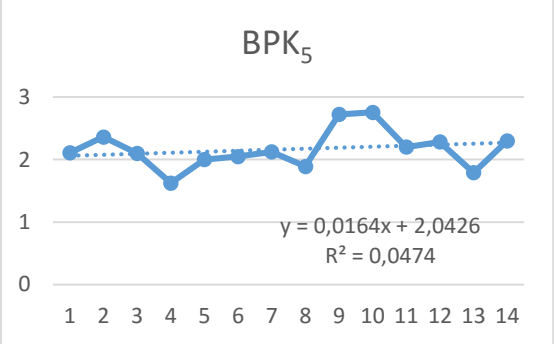
Slika 17. Trend line pH za ukupnu tvrdoću u razdoblju od 2004. do 2017.



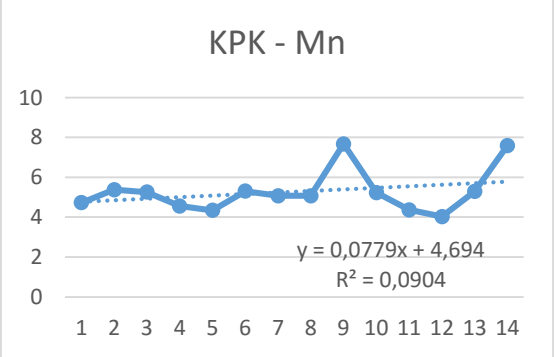
Slika 18. Trend line za otopljeni kisik u razdoblju od 2004. do 2017.



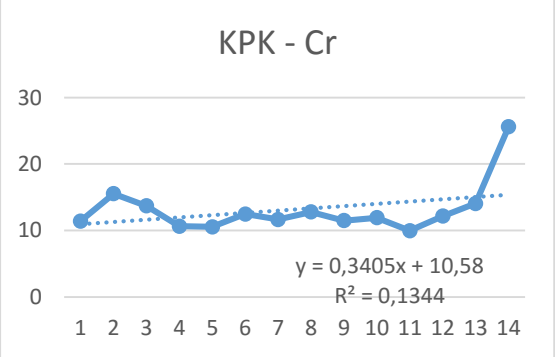
Slika 19. Trend line za zasićenje kiskikom u razdoblju od 2004. do 2017.



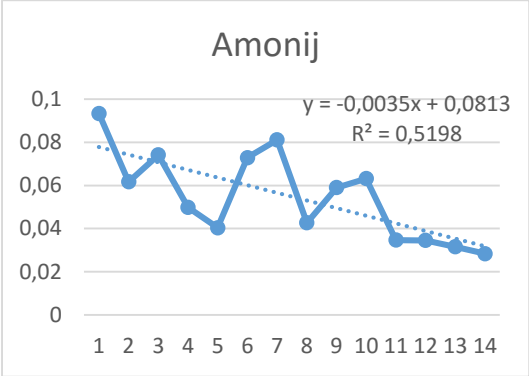
Slika 20. Trend line za BPK_5 u razdoblju od 2004. do 2017.



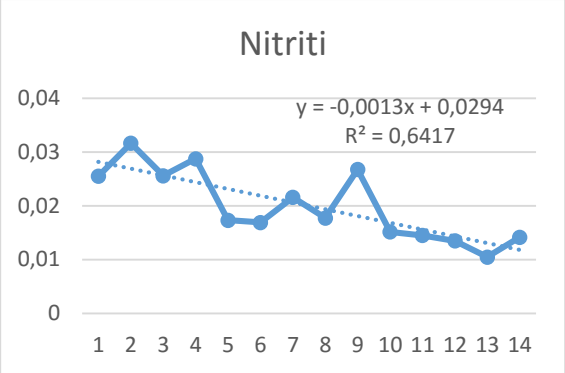
Slika 21. Trend line za KPK–Mn u razdoblju od 2004. do 2017.



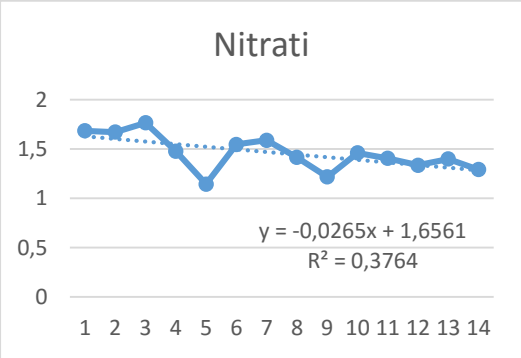
Slika 22. Trend line za KPK–Cr u razdoblju od 2004. do 2017.



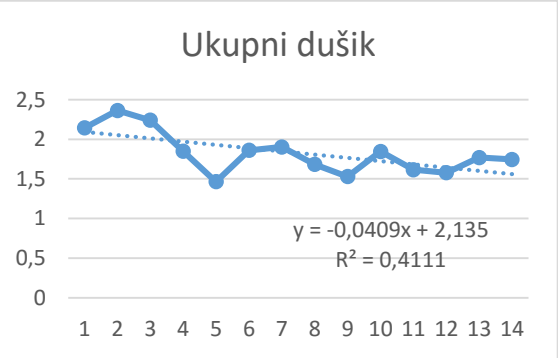
Slika 23. Trend line za amonij u razdoblju od 2004. do 2017.



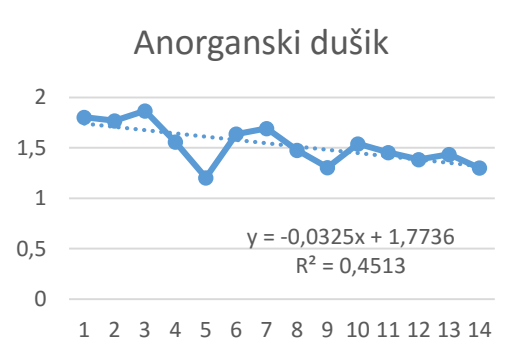
Slika 24. Trend line za nitrite u razdoblju od 2004. do 2017.



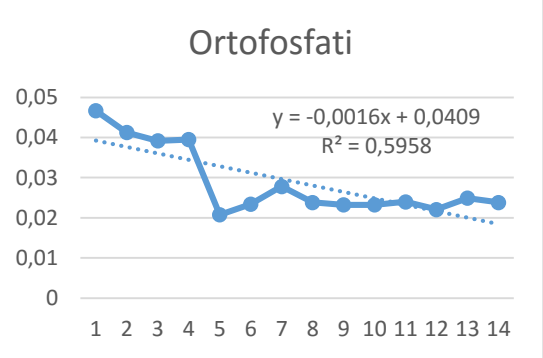
Slika 25. Trend line za nitrate u razdoblju od 2004. do 2017.



Slika 26. Trend line za ukupni dušik u razdoblju od 2004. do 2017.



Slika 27. Trend line za anorganski dušik u razdoblju od 2004. do 2017.



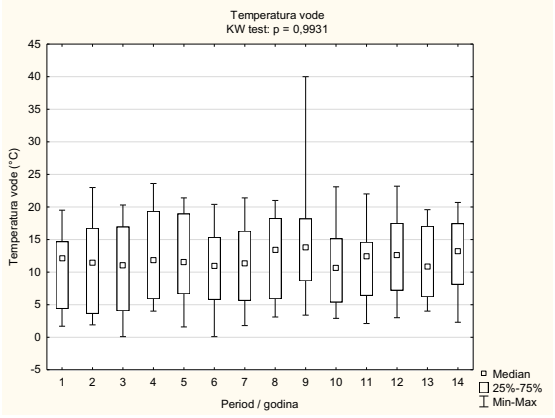
Slika 28. Trend line za ortofosfate u razdoblju od 2004. do 2017.

Kod pH vrijednosti, ukupnih suspendiranih tvari i zasićenja kisikom primjećen je rastući trend, što je prikazano na **Slikama 13., 15. i 19.** BPK_5 i KPK pokazuju blago rastući trend (**Slike 20. – 22.**). Padajući trend zabilježen je kod koncentracije dušikovih spojeva (amonij, nitrata, nitriti, ukupni dušik, anorganski dušik), ortofosfata i alkaliteta m–vrijednosti. Pad trenda prikazan je na **Slikama 16., 23., 24., 25., 26.,** i **28.** Neke od praćenih varijabli (električna vodljivost, ukupna tvrdoća i otopljeni kisik) nisu pokazale izražen veliki pad ili rast trenda.

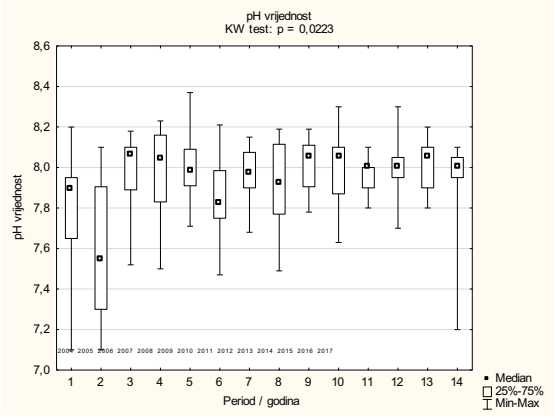
Ukupne suspendirane tvari i režim kisika (zasićenje, KPK, BPK_5) najčešće su posljedica povećane ljudske aktivnost duž vodnog tijela i upućuju na zagađenje pa je dobiveni rezultat vjerovatno posljedica industrijske i/ili poljoprivredne djelatnosti na ovom području. Najmanja vrijednost R^2 uočena je kod otopljenog kisika (R^2=0,044) i BPK_5 (R^2=0,0474), što znači da ovisnost među ispitivanim vrijednostima za ove parametre nije linearna. Najveća vrijednost R^2 uočena za pH vrijednost (R^2=0,6869), što pokazuje linearnu ovisnost među ispitanim vrijednostima. Visoka vrijednost R^2 uočena je i u slučaju spojeva dušika i fosfora, pa i ovi parametri vjerojatno imaju linearnu ovisnost. Međutim, visoka R^2 vrijednost ne znači nužno da vrijednosti ispitanih parametara stvarno imaju linearnu ovisnost.

4.3. Kruskal–Wallis test

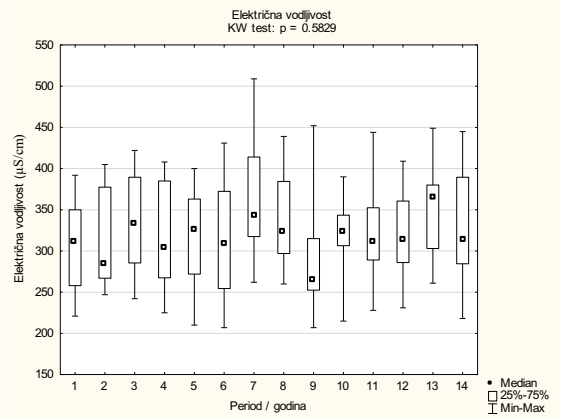
Na podatke za sve analizirane elemente u vodi rijeke Mure primijenjen je Kruskal–Wallis test (KW). Rezultati KW testa prikazani su na **Slikama 29. – 46.** u obliku Box & Whiskers dijagrama. Zabilježene su statistički značajne razlike kod zasićenja kisikom (p=0,0014), KPK-Cr (p=0,0214), amonija (p=0,0003), nitrita (p=0.0000), ortofosfata (p=0,0001) i vodostaja (p=0,010).



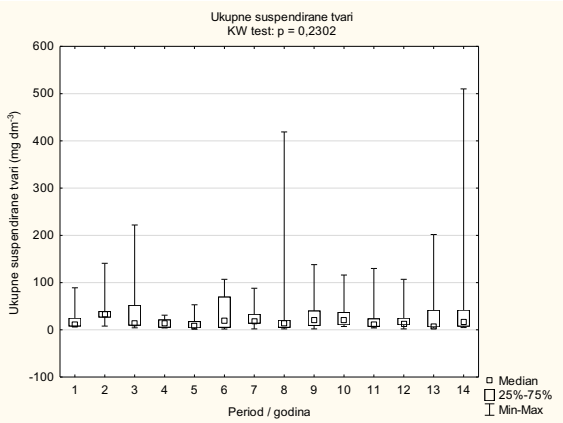
Slika 29. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke temperature vode rijeke Mure.



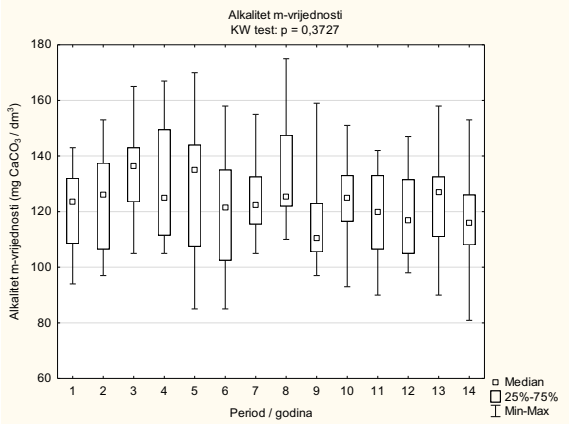
Slika 30. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke pH vrijednosti rijeke Mure.



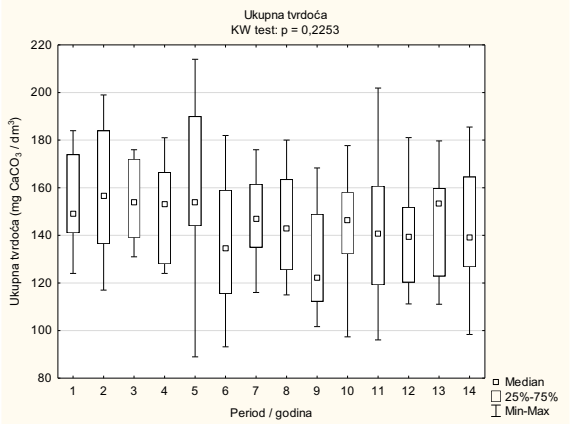
Slika 31. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke električne vodljivosti rijeke Mure.



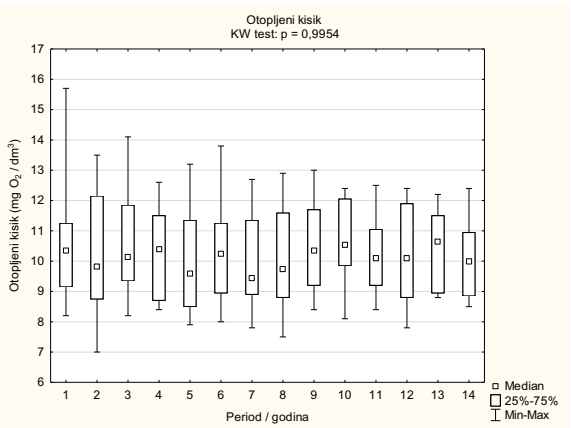
Slika 32. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke ukupne suspendirane tvari vrijednosti rijeke Mure.



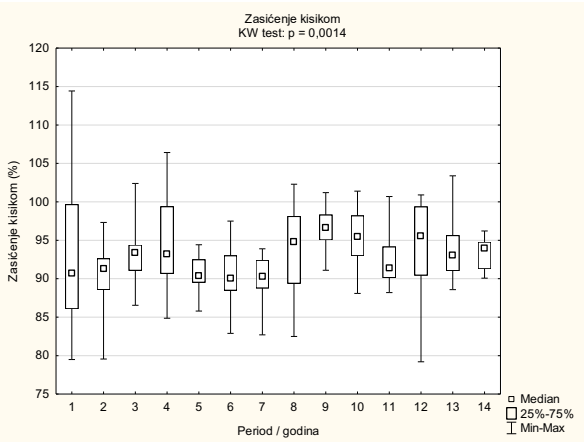
Slika 33. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke alakliteta m - vrijednosti rijeke Mure.



Slika 34. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke ukupne tvrdoće rijeke Mure.

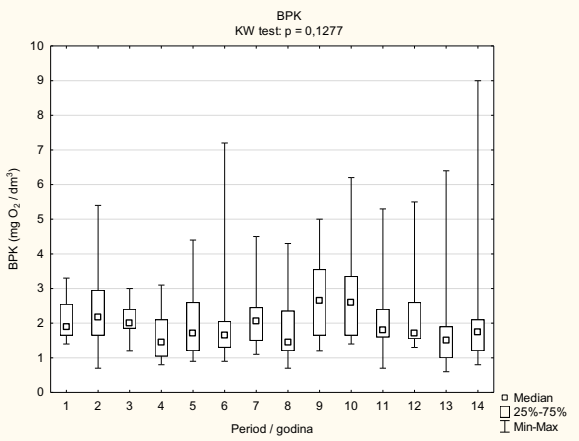


Slika 35. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke otopljeni kisik rijeke Mure.

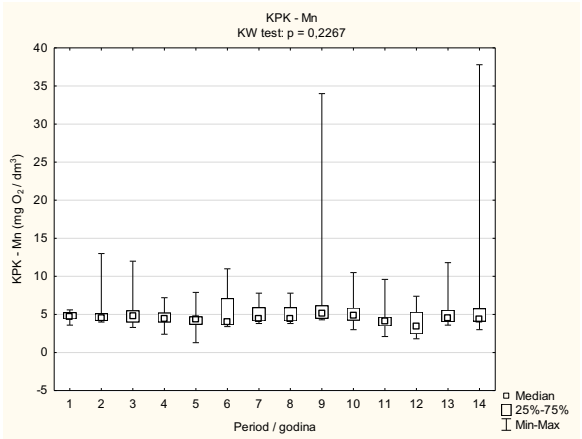


Slika 36. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke zasićenje kisikom rijeke Mure.

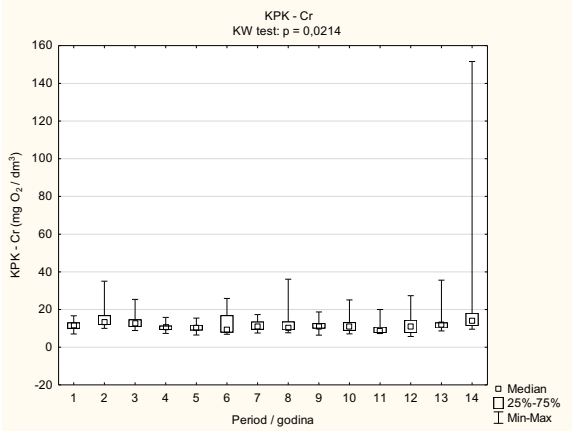
.



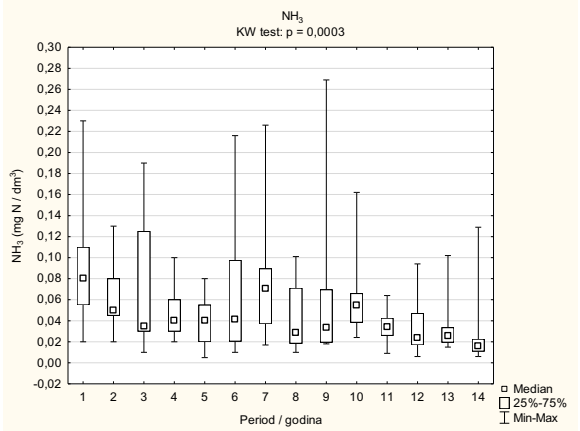
Slika 37. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke BPK_5 rijeke Mure.



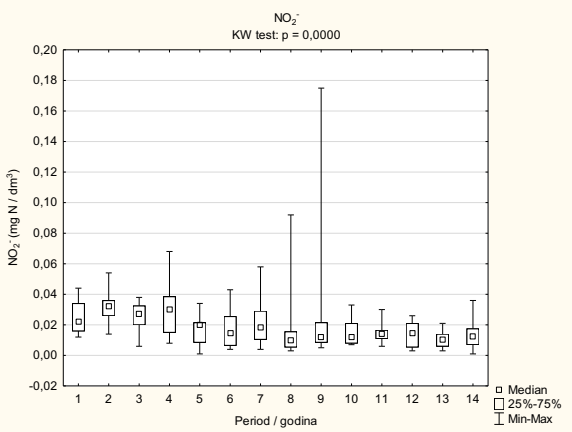
Slika 38. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke KPK-Mn rijeke Mure.



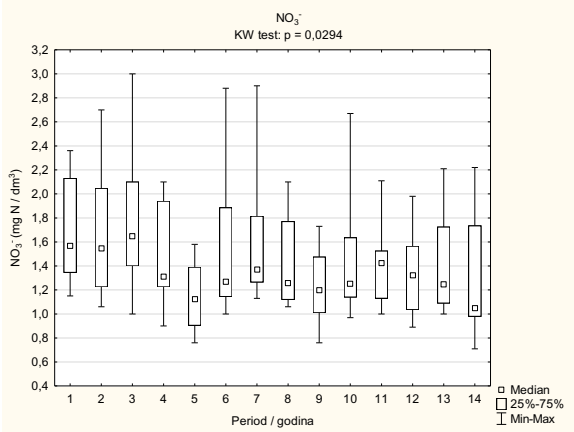
Slika 39. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke KPK-Cr rijeke Mure.



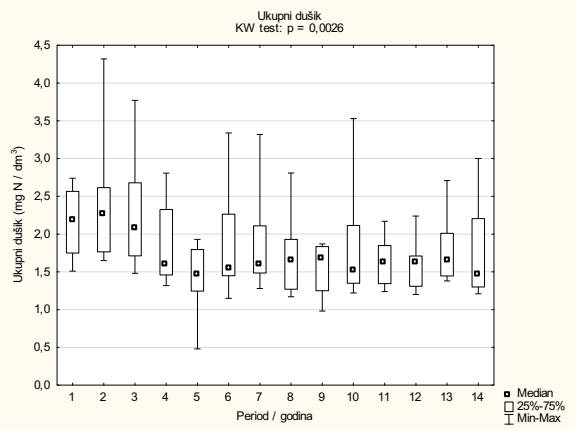
Slika 40. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke amonija rijeke Mure.



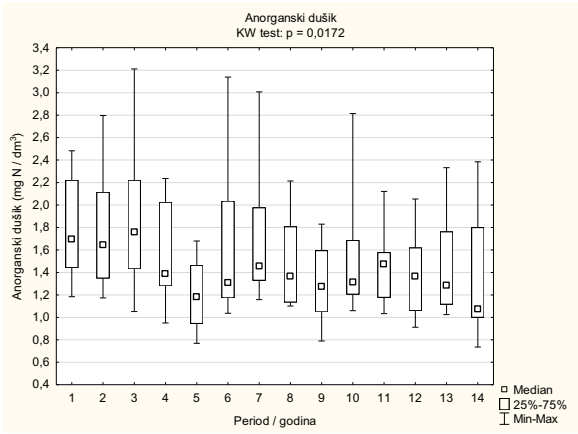
Slika 41. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke nitrita rijeke Mure.



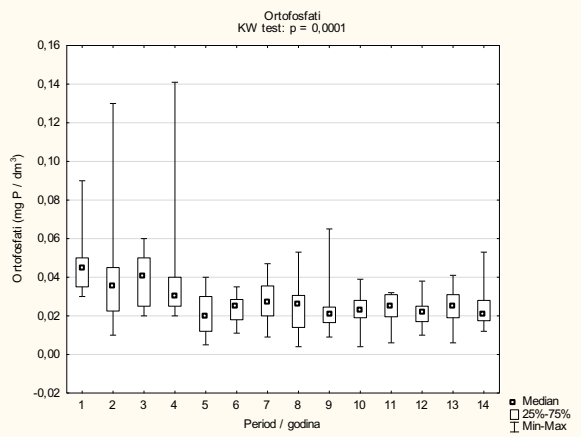
Slika 42. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke nitrata rijeke Mure.



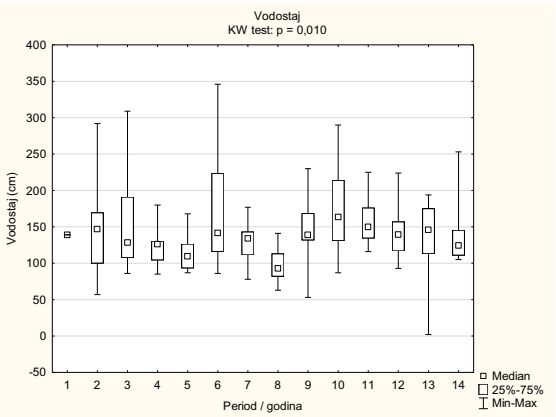
Slika 43. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke ukupni dušik rijeke Mure.



Slika 44. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke anorganski dušik rijeke Mure.



Slika 45. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke ortofosfata rijeke Mure.

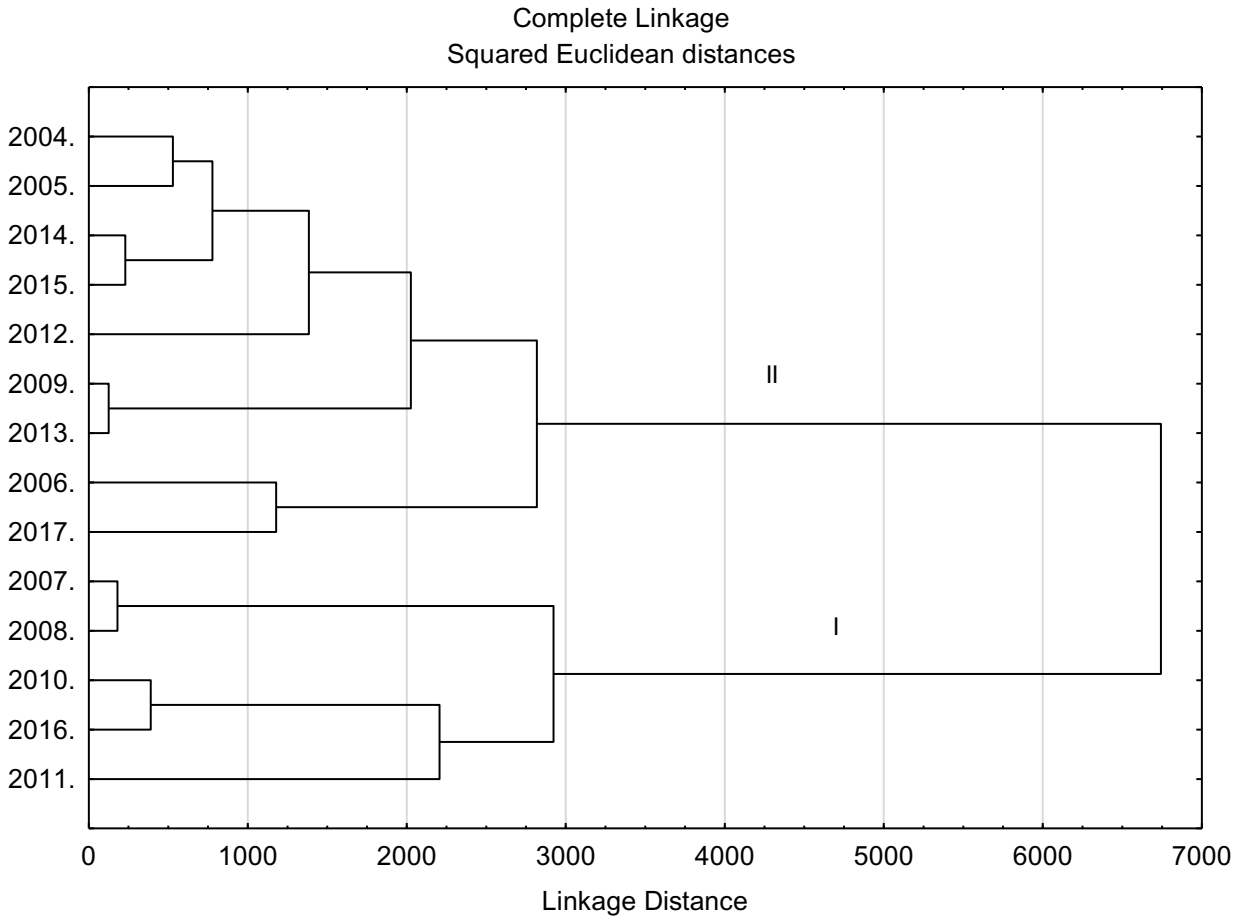


Slika 46. Grafički prikaz rezultata Kruskal–Wallis testa primjenjenog na podatke vodostaja rijeke Mure.

Kod zasićenja kisikom nađene su statistički značajne razlike između 2012. i 2008. godine, ali i 2012. i 2010. godine. Za KPK-Cr nađene su statistički značajne razlike između 2005. i 2014. godine. Za amonij između 2017. godine i godina 2004, 2005. i 2010. Kod nitrita između 2005. godine i godina 2011., 2015. i 2016. Kod ortofosfata između 2004. i godina 2008., 2012., 2013., 2015. i 2017. Kod vodostaja između 2011. i 2013. godine te između 2011. i 2014. godine.

4.4. Klaster analiza (engl. *Cluster Analysis*)

Na podatke koncentracija svih analiziranih elemenata u uzorcima vode rijeke Mure primijenjene su multivarijantne metode: klaster analiza i metoda analize glavnih komponenata. Dobiveni rezultati prikazani su na **Slikama 47., 48.** i **49.**



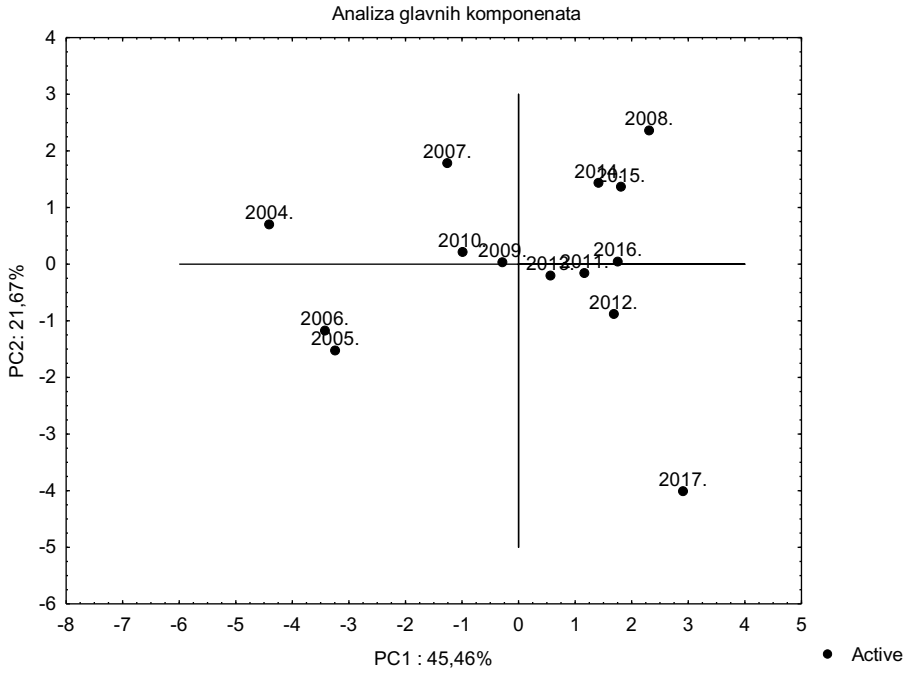
Slika 47. Rezultat klaster analize prikazan u obliku dendrograma.

Rezultat primjenjene klaster analize ukazuje na pojavu određenih sličnosti među godinama unutar vremenskog razdoblja od 14 godina. Na **Slici 47.** vidljivo je postojanje dva osnovna klastera, jednog peteročlanog i drugog kompleksnijeg sačinjenog od preostalih devet godina mjerenja. Prvi klaster čini period od 2007. do 2011. godine, s izuzetkom 2009. godine i dodatkom 2016. godine, dok je kod drugog klastera izražena manja pravilnost u kronološkom slijedu godina. Može se zaključiti da je period od 2007. do 2011. godine bio sličniji po ispitanim fizikalno–kemijskim parametrima te da unutar tog period nije bilo većih

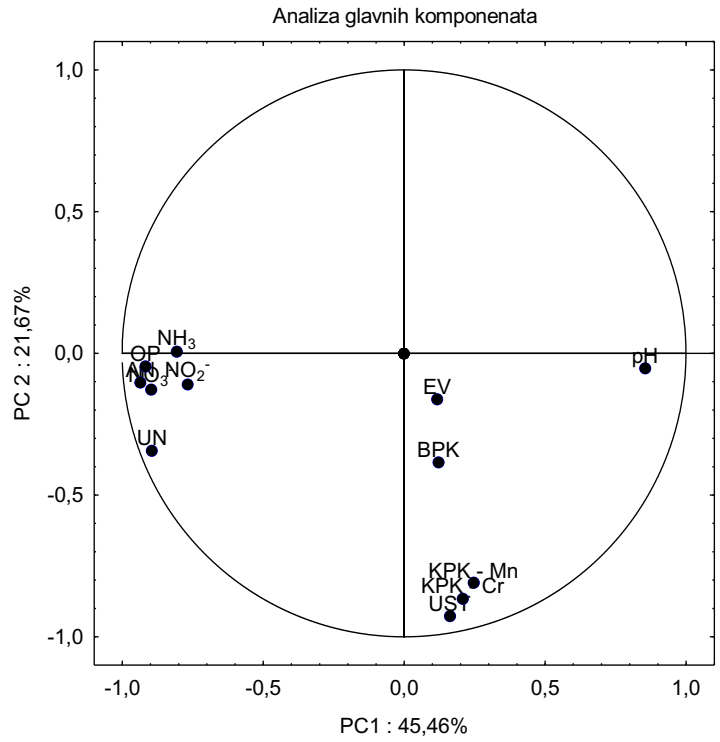
oscilacija. Budući da rezultat klaster analize ne može prikazati korelacije ispitanih parametara s periodima mjerenja, za dobivanje boljeg prikaza podatkovna matrica je podvrgnuta metodi analize glavnih komponenata.

4.5 Analiza glavnih komponenata (engl. *Principal Component Analysis*, PCA)

Metoda analize glavnih komponenata primjenjena je na podatkovnu matricu (14×18) za razdoblje od 14 godina za parametre: temperatura vode, pH vrijednost, električna vodljivost, ukupne suspendirane tvari, alkalitet m–vrijednosti, ukupna tvrdoća, otopljeni kisik, zasićenje kisikom, BPK5, KPK-Mn, KPK-Cr, amonij, nitriti, nitrati, ukupni dušik, anorganski dušik, ortofosfati i vodostaj. Podatkovna je matrica reducirana na način da su podaci podvrgnuti varimax rotaciji, nakon čega su se značajnim pokazale slijedeće varijable: pH, električna vodljivost, BPK_5, KPK-Cr, KPK-Mn, ukupne suspendirane tvari, ukupni dušik, nitriti, amonij, ortofosfati, alkalitet i nitrati.



Slika 48. Rezultati analize glavnih komponenata na koncentracijama odabranih elemenata; godine.



Slika 49. Rezultati analize glavnih komponenata na koncentracijama odabranih elemenata; faktorska opterećenja.

Analizom **Slike 48.** na kojoj su prikazani skorovi (godine) moguće je zaključiti da su se uzduž prve komponente (46 %) razdvojila dva razdoblja mjerenja, prvo (od 2004. do 2010. godine) i drugo razdoblje (od 2010. do 2017. godine). 2017. godina pokazala je najveću različitost u odnosu na preostale godine druge skupine. Usporedbom sa **Slikom 49.** na kojoj su prikazana faktorska opeterćenja (varijable) vidljivo je da su veće koncentracije ukupnog dušika (UN), nitrita (NO_2^-), nitrata (NO_3^-), anorganskog dušika (AN), amonija (NH_3) i ortofosfata (OP) povezane sa prvim razdobljemm (2004. do 2010. godine) dok su veće koncentracije električna vodljivost (EV), BPK_5, KPK-Mn i KPK-Cr i ukupne suspendirane tvari (UST) povezane s 2017. godinom. Visoke pozitivne korelacije među analiziranim varijablama vidljive su između KPK-Mn, KPK-Cr i UST, kao i između NO_2^-, NO_3^-, AN, NH_3 i OP dok su negativne korelacije vidljive između pH i varijabli NO_2^-, NO_3^-, AN, NH_3 i OP. Metoda analize glavnih komponenata pokazala se uspješnom u prikazu rezultata kompleksne podatkovne matrice sačinjene od 18 varijabli (parametara) i 14 godina mjerenja. Dodatnom rotacijom faktora dimenzionalnost podatkovne matrice smanjena je na 12 varijabli te je pokazano da varijable: temperatura vode, vodostaj, ukupna tvrdoća, zasićenje kisikom, otopljeni kisik, alaklitet i električna vodljivost nisu imale veliki utjecaj na podatke.

Zahvaljujući praćenim podacima kroz duže vremensko razdoblje bilo je moguće analizirati ih, prikazati te donjeti određene zaključke. Rezultati osnovne statistike pružaju „jednodimenzionalan uvid“ u podatke dok multivarijantne metode analize omogućavaju kompletniji pristup i daju jasniju sliku o međusobnim korelacijama varijabli, ali i o povezanosti između varijabli (temperatura vode, pH vrijednost, električna vodljivost itd.) i promatranog razdoblja mjerenja.

5. METODIČKI DIO

Cilj metodičkog dijela je upoznati i naučiti učenike o vrstama i svojstvima voda, važnosti vode za život te očuvanju vode u okolišu. Obrađena nastavna jedinica prikazana je na razini za osnovnu školu. Prije početka nastavnog sata potrebno je pripremiti sav pribor i kemikalije za izvođenje pokusa te ostale materijale koji su potrebni za predviđeni sat (radni listići, domaća zadaća itd.). Budući da je riječ o blok satu omogućeno je sudjelovanje svih učenika u izvođenju pokusa i rad u skupinama. Nakon provedenog pokusa i opažanja, učenici pokušavaju samostalnim zaključivanjem objasniti viđeno. Izvedbom pokusa pobuditi će se interes učenika za navedeno gradivo i pomoći im u lakšem svladavanju potrebnog znanja. Zajedno kroz razgovor s učenicima povezat će se uočeno s prethodno stečenim znanjem iz kemije.

5.1. Priprema za nastavni sat iz kemije

Datum:

Razred: 7. razred

Ime i prezime učitelja/nastavnika kemije: Iva Jurčević

Nastavna cjelina/tema: Zrak i voda

Nastavna jedinica: Voda

Cilj: Upoznati i naučiti vrste i svojstva vode, važnost vode za život te razviti kritičko mišljenje o očuvanju vode u okolišu.

Potrebna predznanja i vještine:

Razrada postignuća (ishoda) i zadaci/aktivnosti za provjeru njihove usvojenosti

POSTIGNUĆA IZ PIP-A	***ISHODI UČENJA I POUČAVANJA***	***RAZINA ISHODA (prema Crooksu, 1988):***	***PLANIRANI ZADACI/AKTIVNOSTI ZA PROVJERU USVOJENOSTI ISHODA UČENJA I POUČAVANJA***	***OSTVARENOST PLANIRANIH ZADATAKA/AKTIVNOSTI ZA PROVJERU USVOJENOSTI ISHODA UČENJA I POUČAVANJA***
- objasniti važnost vode na Zemlji.	**-** prepoznati i razumjeti važnost vode na Zemlji, - objasniti kruženje vode u prirodi	R1, R2	- učenik upoznaje i objašnjava važnost vode na Zemlji, učenik aktivno sudjeluje	
- opisati fizikalna i kemijska svojstva vode	- navesti vrste voda i razliku između meke i tvrde vode - opisati gustoću vode, površinsku napetost vode i objasniti anomaliju vode te zašto led pluta na vodi	R2	- učenik prepoznaje i objašnjava svojstva vode	
- samostalno izvesti pokus kojim će ispitati topljivost nekih tvari u vodi	- samostalno izvesti pokus te donjeti zaključke	R2,R3	- učenik samostalno izvodi pokus, zapisuje opažanja i donosi zaključke	

Tijek nastavnog sata

ETAPE NASTAVNOG SATA	Aktivnosti učitelja/nastavnika	Aktivnosti učenika	Sociološki oblici rada
Uvodni dio ***(8 minuta)***	- usmenim ispitivanjem nastavnik ponavlja gradivo s prethodnog sata o zraku i najvažnijim sastavnicama istog (što je zrak, kako bi ga opisali, što je atmosfera, koji je najrasprostranjeniji element na Zemlji, što je fotosinteza i zašto je važna)	- učenici samostalno odgovaraju na pitanja i aktivno sudjeluju u razgovoru	**Frontalni rad, razgovor**
Središnji dio ***(30 minuta)***	- nastavnik pitanjima potiče učenike na razmišljanje o tvarima, pojavama koje su bitne za svakodnevni život - nastavnik odgovore koristi za uvođenje učenika u novu nastavnu cjelinu " Voda"	- učenici zajedno s nastavnikom odgovaraju na pitanja i sudjeluju u donošenju zaključaka	
	- nastavnik s učenicima objašnjava i razgovara o pojmovima "plavi planet", hidrosfera, postotak vode u ljudskom tijelu te o hidrološkom ciklusu - navodi vrste voda te razlika između meka i tvrde vode -navodi karakteristike vode za piće	- učenici aktivno sudjeluju u razgovoru	**Frontalni rad, razgovor**
	- nastavnik upoznaje učenike sa svojstvima vode (gustoća vode, anomalija vode, površinska napetost vode i voda kao otapalo)	- učenici aktivno sudjeluju u razgovoru	
	- učenici se dijele u grupe, nastavnik dijeli materijal te objašnjava pokus koji će učenici izvoditi - nakon završenog pokusa učenici iznose rezultate i zajedno s nastavnikom donese zaključke	- učenici samostalno izvode pokus i zapisuju bilješke	**Grupni rad, razgovor**
Završni dio ***(7 minuta)***	- nastavnik zadaje domaću zadaću (radni listić) - ponavlja s učenicima naučeno gradivo kroz igru	- učenici dobivaju listić za domaću zadaću - ponavljaju naučeno gradivo kroz igru zajedno s nastavnikom	**Frontalni rad**

Materijalna priprema

Ploča, kreda, kemikalije, kemijski pribor, računalo, projektor, radni listići

Plan učeničkog zapisa

VODA

- Voda je najrasprostranjenija tvar na zemlji i glavni sastojak svih živih bića
- Vrste voda: kišnica, podzemne vode, površinske vode, mineralne vode, tvrde i meke vode.
- **Tvrde vode** sadrže puno otopljenih tvari, osobito kalcijeve i magnezijeve soli.
- **Meke vode** u prirodi sadrže male količine otopljenih kalcijevih i magnezijevih soli i otopljene plinove.
- **Voda za piće mora biti bez boje i mirisa, mora imati ugodan okus i biti zdravstveno ispravna**!
- Čista je voda tekućina bez mirisa, okusa i boje, ledište joj je pri 0^{o} C, a vrelište pri 100^{o} C
- Voda ima veliku **površinsku napetost** i dobro je otapalo.
- **Anomalija vode** je pojava pri kojoj je gustoća vode najveća na 4 °C.

Prilagodba za učenike s posebnim potrebama

Navesti način prilagodbe učenja mogućnostima i potrebama učenika.

Korištena metodička i stručna literatura za pripremu nastavnog sata

Udžbenici i radne bilježnice odobrene od strane MZO.

Prilozi

1. Radni listić – pokus
2. Radni listić – domaća zadaća

RADNI LISTIĆ: POKUS – Ispitivanje topljivosti nekih tvari u vodi ☺

Pribor i kemikalije: stalak za epruvete, 8 epruveta, žlice za kemikalije, destilirana voda, kuhinjska sol, kalijev permanganat, magnezijev suflat, soda bikarbona, vapnenac, alkohol, ocat, ulje

Postupak: U pet epruveta stavite male uzorke čvrstih kemikalija; u 1. epruvetu kuhinjsku sol, u 2. kalijev permanganat, u 3. magnezijev sulfat, u 4. sodu bikarbonu, u 5. vapnenac, u 6. ulijte 2 ml alkohola, u 7. ulijte 2 ml octa, a u 8. ulijte 2 ml ulja. Nakon toga u svaku epruvetu dolijte malo destilirane vode i protresite sadržaj. Nakon toga svakom od navedenih uzoraka dodajte jednaku količinu destilirane vode. Sadržaj svake epruvete dobro protresite.

Skica aparature:

Opažanja:

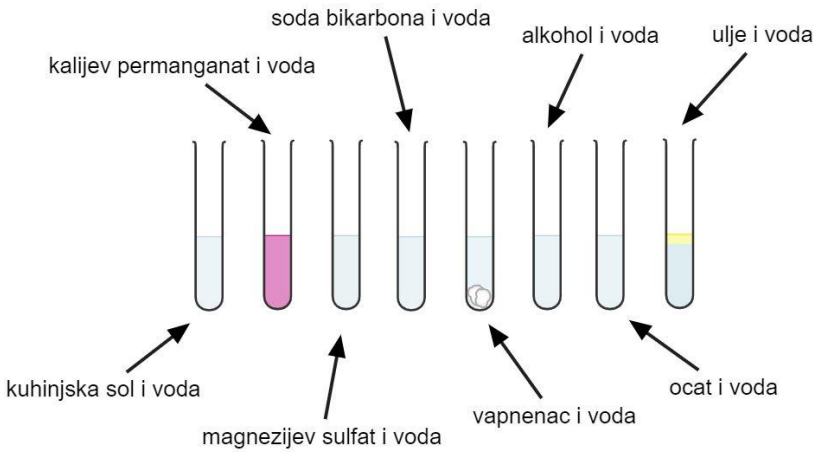
Zaključak:

RJEŠENJE RADNOG LISTIĆA: POKUS – Ispitivanje topljivosti nekih tvari u vodi ☺

Pribor i kemikalije: stalak za epruvete, 8 epruveta, žlice za kemikalije, destilirana voda, kuhinjska sol, kalijev permanganat, magnezijev suflat, soda bikarbona, vapnenac, alkohol, ocat, ulje

Postupak: U pet epruveta stavite male uzorke čvrstih kemikalija: u 1. epruvetu kuhinjsku sol, u 2. kalijev permanganat, u 3. magnezijev sulfat, u 4. sodu bikarbonu, u 5. vapnenac. U 6. epruvetu ulijte 2 ml alkohola, u 7. ulijte 2 ml octa, a u 8. ulijte 2 ml ulja. Nakon toga u svaku epruvetu dolijte malo destilirane vode i protresite sadržaj. Nakon toga svakom od navedenih uzoraka dodajte jednaku količinu destilirane vode. Sadržaj svake epruvete dobro protresite.

Skica aparature:



Opažanja: Kuhinjska sol i magnezijev sulfat su se otopili u vodi, kalijev permanganat obojio je vodu u ružičasto. Vapnenac se istaložio na dnu epruvete. Alkohol i ocat su se pomiješali s vodom, a ulje je plivalo na površini vode.

Zaključak: Čvrste tvari koje su topljive u vodi su: kuhinjska sol, kalijev permanganat, magnezijev sulfat, soda bikarbona.Vapnenac je čvrsta tvar koja je netopljiva u vodi. Tekućine koje se miješaju s vodom su alkohol i ocat dok se ulje ne miješa s vodom.

RADNI LISTIĆ - DOMAĆA ZADAĆA ☺

1. Zaokruži je li zadana tvrdnja točna ili netočna (T – točno, N - netočno).

Polovina Zemljine površine prekrivena je vodom. T N

Udio vode u ljudskom tijelu je uvijek 80% bez obzira na dob. T N

U prirodi nema kemijski čiste vode. T N

Voda ima veliku površinsku napetost. T N

Pri normalnom atmosferskom tlaku, voda ledi pri 0 °C, a vrije pri 100 °C. T N

2. Nadopuni rečenice.

Prema količini otopljenih tvari prirodne vode dijelimo na _____ i _____ .

Kruženje vode u prirodi naziva se i _____ .

Mineralne tvari iz vode odvajamo _____ .

Gustoća vode najveća je pri 4 °C, tu pojavu nazivamo _____.

3. Odgovori na pitanja.

Kakva mora biti voda za piće?

_____

_____

Zašto led pluta na vodi?

_____

_____

RJEŠENJE: RADNI LISTIĆ - DOMAĆA ZADAĆA ☺

1. Zaokruži je li zadana tvrdnja točna ili netočna

Polovina Zemljine površine prekrivena je vodom. T (N)

Udio vode u ljudskom tijelu je uvijek 80% bez obzira na dob. T (N)

U prirodi nema kemijski čiste vode. (T) N

Voda ima veliku površinsku napetost. (T) N

Pri normalnom atmosferskom tlaku, voda ledi pri 0 °C, a vrije pri 100 °C. (T) N

2. Nadopuni rečenice.

Prema količini otopljenih tvari prirodne vode dijelimo na TVRDE i MEKE.

Kruženje vode u prirodi naziva se i HIDROLOŠKI CIKLUS.

Mineralne tvari iz vode odvajamo DESTILACIJOM.

Gustoća vode najveća je pri 4 °C, tu pojavu nazivamo ANOMALIJA VODE.

3. Odgovori na pitanja.

Kakva mora biti voda za piće?

Voda za piće mora biti bez boje i mirisa, ugodnog okusa i mora biti zdravstveno ispravna.

Zašto led pluta na vodi?

Led pluta na vodi zato što je gustoća vode manja od gustoće leda. To svojstvo omogućuje život pod vodom.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju analize osnovnih fizikalno–kemijskih parametara kakvoće površinske vode rijeke Mure (Hrvatske vode) utvrđenih za razdoblje od 2004. do 2017. godine na lokaciji Goričan i usporedbom izračunatih godišnjih vrijednosti 50-tog percentila sa zakonskom legislativom može se zaključiti:

- pH vrijednost – u promatranom vremenskom razdoblju vrijednost pH ostaje unutar granica vrlo dobrog stanja; u odnosu na pH vrijednost 2004. godine, 2017. godine uočen je blagi porast pH vrijednosti za oko 0,1–0,2 pH jedinicu;
- BPK_5 – u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na BPK_5 vrijednost može se ocijeniti dobrom i vrlo dobrom (ovisno o lokaciji i godini); u 2017. godini stanje vodnog tijela obzirom na ovaj parametar je dobro;
- KPK – u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na KPK vrijednost može se ocijeniti dobrom; 2017. godine utvrđen je manji iznos 50-tog percentila od onog utvrđenog 2004. godine;
- Amonij – u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na sadržaj amonija može se ocijeniti dobrom i vrlo dobrom (ovisno o lokaciji i godini); 2017. godine stanje je vrlo dobro te je uočen pad u oznosu 50-tog percentila u odnosu na 2004. godinu;
- Nitrati – u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na sadržaj nitrata može se ocijeniti dobrom; u odnosu na 2004. godinu, 2017. godine uočava se pad iznosa 50-tog percentila (ali i dalje unutar granica dobrog stanja);
- Ukupni dušik – u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na vrijednost ukupnog dušika može se ocijeniti dobrom; u odnosu na 2004. godinu, 2017. godine uočava se pad iznosa 50-tog percentila;
- Ortofosfati – u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na vrijednost sadržaja ortofosfata može se ocijeniti dobrom i vrlo dobrom (ovisno o lokaciji i godini); u odnosu na stanje 2004. godine, stanje 2017. godine upućuje na povećanje kvalitete površinske vode koja se 2017. godine može ocijeniti vrlo dobrom;
- Ukupni fosfor – u promatranom vremenskom razdoblju kakvoća vode obzirom na ukupni fosfor može se ocijeniti dobrom; u odnosu na 2004. godinu, 2016. godine je

uočen sitan pad vrijednosti 50-tog percentila koji i dalje ostaje unutar granica dobrog stanja;

- Rastući trend – pH vrijednost, ukupne suspendirane tvari, zasićenje kisikom, BPK_5 i KPK;
- Padajući trend – dušikovi spojevi (amonij, nitrata, nitriti, ukupni dušik, anorganski dušik), ortofosfat i alkaliteta m–vrijednosti;
- Najmanja vrijednost R^2 – otopljeni kisik (R^2=0,044) i BPK_5 (R^2=0,0474);
- Najveća vrijednost R^2 – pH vrijednost (R^2=0,6869);
- Zabilježene su statistički značajne razlike kod zasićenja kisikom (p=0,0014), KPK-Cr (p=0,0214), amonija (p=0,0003), nitrita (p=0.0000), ortofosfata (p=0,0001) i vodostaja (p=0,010);
- Rezultat primjenjene klaster analize ukazuje na pojavu određenih sličnosti među godinama unutar vremenskog perioda od 14 godina;
- Prvi klaster čini period od 2007. do 2011. godine, s izuzetkom 2009. godine i dodatkom 2016. godine, dok je kod drugog klastera izražena manja pravilnost u kronološkom slijedu godina;
- Metoda analize glavnih komponenata pokazala se uspješnom u prikazu rezultata kompleksne podatkovne matrice sačinjene od 18 varijabli (parametara) i 14 godina mjerenja. Dodatnom rotacijom faktora dimenzionalnost podatkovne matrice smanjena je na 12 varijabli te je pokazano da varijable: temperatura vode, vodostaj, ukupna tvrdoća, zasićenje kisikom, otopljeni kisik, alaklitet i električna vodljivost nisu imale veliki utjecaj na podatke.

7. LITERATURNA VRELA

[1] D. Magaš, Geografija Hrvatske, Prirodno geografska osnova, Izdavačka kuća Meridijani, Samobor, 2013.

[2] http://awsassets.panda.org/downloads/7_rijecnih_cuda_hrvatske_web.pdf (8. 8. 2020.)

[3] H.G. Sewell, Environmental Quality Menagement, Prentice – Hall Inc., New York, 1977.

[4] D. Mayer, Mogućnost zagađenja vodonosnih slojeva kao posljedica hidrodinamičkih značajki na području Save u SR Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1980.

[5] D. Mayer, Voda, od nastanka do upotrebe, Prosvjeta, Zagreb, 2004.

[6] Štrkalj, A. Onečišćenje i zaštita voda. Sisak, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.

[7] https://vodaizvorzivota.weebly.com/kru381enje-vode-u-prirodi.html (8. 8. 2020.)

[8] http://www.stampar.hr/hr/povodom-svjetskog-dana-voda-22-ozujka-2015-znacaj-vode-i-vodnih-resursa-za-opstanak-planete-zemlje (6. 8. 2020.)

[9] https://www.educaplay.com/printablegame/3413356-izvori_zaga_enja_vode.html (14. 8. 2020.)

[10] Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98, 137/08).

[11] S. Tedeschi, Zaštita voda, Hrvatsko društvo građevinskih inžinjera, Zagreb, 1997.

[12] https://globe.pomsk.hr/prirucnik/voda.PDF (6. 8. 2020.)

[13] L. Globevnik, M. Mikoš, *Catena* **79** (2009), 265-276.

[14] C. Kittinger, E. Marth, F.F. Reinthaler, G. Zarfel, F. Pichler-Semmelrock, W. Mascher, G. Mascher, F. Mascher, *Sci. Total Environ.* **447** (2013), 424-429.

[15] N. Rman, *Geothermics* **51** (2014), 214-227.

[16] B. Božičeк, S. Lojen, M. Dolenec, G. Vižintin, *Groundw. Sustain. Dev*. **5** (2017), 193-205.

[17] G. Zarfel, M. Lipp, E. Gurtl, B. Folli, R. Baumert, C. Kittinger, *Sci. Total Environ*. **593-594** (2017), 399-405.

[18] R. Schinegger, M. Pucher, C. Aschauer, S. Schmutz, *Sci. Total Environ*. **616-617** (2018), 17-28.

[19] https://hrturizam.hr/wwf-unesco-u-poslana-nominacija-za-petodrzavni-rezervat-biosfere-mura-drava-dunav/ (23. 6. 2020.)

[20] http://www.gorican.hr/o-goricanu/ (21. 8. 2020.)

[21] http://www.gorican.hr/storage/uploads/old/PDFclanak/2014/IPA/Strategija%20razvoja%20Gorican.pdf (23. 6. 2020.)

[22] https://www.google.hr/maps/@46.3953158,16.6219664,12z?hl=hr (21. 8. 2020.)

[23] Zakon o vodama (NN 153/09, 130/11, 56/13, 14/14, 46/18, 66/19)

[24] Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015, 61/2016, 40/18, 66/19.)

[25] W.T. Stringfellow, J.S. Hanlon, E.S: Borglin, N.W.T. Quinn, *Agric Water Management* **95** (2008), 527-38.

[26] T. Miljušković-Svetinović, S. Maričić, B. Tušar, The wastewater of the city of Osijek, Proceedings of theVII International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering (ur.: S. Bednarczyk, R. Szymkiewicz, Z. Suligowski), Technical University of Gdansk, Gdanski, 2001, 336-342.

[27] R. Michalski, I. Kurzyca, *Pol. J. Environ. Stud.* **1** (2006), 5-18.

[28] C. Coletti, R. Testezlaf, T.A.P. Ribeiro, R.T.G. Souza, D.A. Pereira, *Rev Bras Eng Ageic Ambient* **14** (2010), 517-522.

[29] http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watqualassess.pdf (6. 10. 2020.)

[30] National Report on the State of the Environment, Serbian Environmental Protection Agency SEPA:Beograd, Serbia, Beograd, 2008.

[31] N. Babović, D. Marković, V. Dimitrijević, D. Marković, *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* **17** (2011), 107-115.

[32] H.P. Jarvie, B.A. Whitton, C. Neal, *Sci. Total Environ.* **210-211** (1998), 79-109.

[33] The Nitrates Directive (Consolidated); Legal Name: Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 Concerning the Protection of Waters against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources as Amended by Regulations 1882/2003/EC and 1137/2008/EC; Council of the European Union: Brussels, Belgium, 1991.

8. DODACI

8.1. Životopis

Osobni podaci	
Ime i prezime	Iva Jurčević
Datum i mjesto rođenja	29. 7. 1996., Osijek
Adresa	Prenjska 21, 31000 Osijek
e-mail	iva.jurcevic13@gmail.com
Obrazovanje	
2017. – 2020.	**Diplomski sveučilišni studij kemije; istraživački smjer** Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek
2014. – 2017.	**Preddiplomski sveučilišni studij kemije** Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek Završni rad: Određivanje omega – 3 masnih kiselina Mentor: doc.dr.sc. Mirela Samardžić
2010. – 2015.	**II. gimnazija, Osijek (Jezična gimnazija)**
Radno iskustvo	
prosinac 2018. – danas	Studentski posao predavača kemije, Edukos – Centar znanja d.o.o. Vukovarska 10, 31000 Osijek
Aktivnosti i sudjelovanja	
2019.	23. Smotra Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju
	6. Simpozij studenata kemičara, Kemijski odsjek, Prirodoslovno–matematički fakultet Zagreb
2017.	Dani otvorenih vrata Odjela za kemiju

	Sudjelovanje u organizaciji i izvedbi zamišljenih projekata i zadataka.
2016.	14. Festival znanosti
Osobne vještine	
Materinski jezik	Hrvatski jezik
Strani jezici	Engleski jezik – aktivno u govoru i pismu Njemački jezik – pasivno u govoru i pismu
Računalne vještine	MS Office sustav, služenje internetom i mailom
Vozačka dozvola	B kategorija