

# PRIMJENA SPEKTROFOTOMETRIJSKE METODE U NADZORU KAKVOĆE VODE

---

Siser, Tibor

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic in Pozega / Veleučilište u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:617209>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

Repository / Repozitorij:

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# VELEUČILIŠTE U POŽEGI



**TIBOR SISER, 1185/12**

## **PRIMJENA SPEKTROFOTOMETRIJSKE METODE U NADZORU KAKVOĆE VODE**

***ZAVRŠNI RAD***

Požega, 2021. godi

VELEUČILIŠTE U POŽEGI  
POLJOPRIVREDNI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

**PRIMJENA SPEKTROFOTOMETRIJSKE METODE U  
NADZORU KAKVOĆE VODE**

***ZAVRŠNI RAD***

NADZOR KAKVOĆE I SIGURNOST HRANE

MENTOR: doc.dr.sc. Svjetlana Škrabal

STUDENT: Tibor Siser

Matični broj studenta: 1185/12

Požega, 2021. godine

## **SAŽETAK**

Zadatak ovog završnog rada je upotreba spektrofotometrijskih metoda u kemijskoj analizi vode. Naglasak je dat važnosti vode, te zbog čega je voda neophodna za život na Zemlji, fizikalno-kemijskim pokazateljima kvalitete vode, te zakonskoj regulativi. Opisana je spektrofotometrija i spektrofotometrijske metode. Za provedbu eksperimentalnog dijela rada uzeti su uzorci vode sa pet različitih mjesta u gradu Slavonskom Brodu. Analiza se vršila u laboratoriju gradskog vodovoda. U uzorcima vode se određivao mangan, željezo, amonijak, nitriti, nitrati. Uporabom spektrofotometrijskih metoda se na vrlo brzo dobiju rezultati, te mogućnost brze reakcije u slučaju nezadovoljavajućih rezultata.

Ključne riječi: spektrofotometrijske metode, voda, kemijska analiza

## **SUMMARY**

The task of this final paper is the use of spectrophotometric methods in chemical analysis of water. Emphasis is placed on the importance of water, and why water is necessary for life on Earth, physico-chemical indicators of water quality, and legislation. Spectrophotometry and spectrophotometric methods are described. For the implementation of the experimental part of the work, water samples were taken from five different places in the city of Slavonski Brod. The analysis was performed in the city water supply laboratory. Manganese, iron, ammonia, nitrites, nitrates were determined in water samples. The use of spectrophotometric methods gives results very quickly, and the possibility of a quick reaction in case of unsatisfactory results.

Key words: spectrophotometric methods, water, chemical analysis

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	3
2.1. Općenito o vodi .....	3
2.2. Fizikalno kemijski pokazatelji kvalitete vode .....	3
2.3. Zakonska regulativa o vodi .....	4
<b>2.3.1. Zakonodavstvo u vodi za ljudsku potrošnju</b> .....	4
<b>2.3.2. Vode za piće</b> .....	6
2.4. Spektrofotometrija.....	7
<b>2.4.1. UV/VIS spektroskopija</b> .....	8
<b>2.4.3. IR spektroskopija</b> .....	9
<b>2.4.3. Derivacijska spektroskopija</b> .....	10
<b>3. MATERIJALI I METODE</b> .....	11
3.1. Zadatak .....	11
3.2. Metode.....	11
<b>4. REZULTATI</b> .....	14
<b>5. RASPRAVA</b> .....	17
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	19
<b>7. LITERATURA</b> .....	20
<b>Popis slika i tablica</b> .....	22

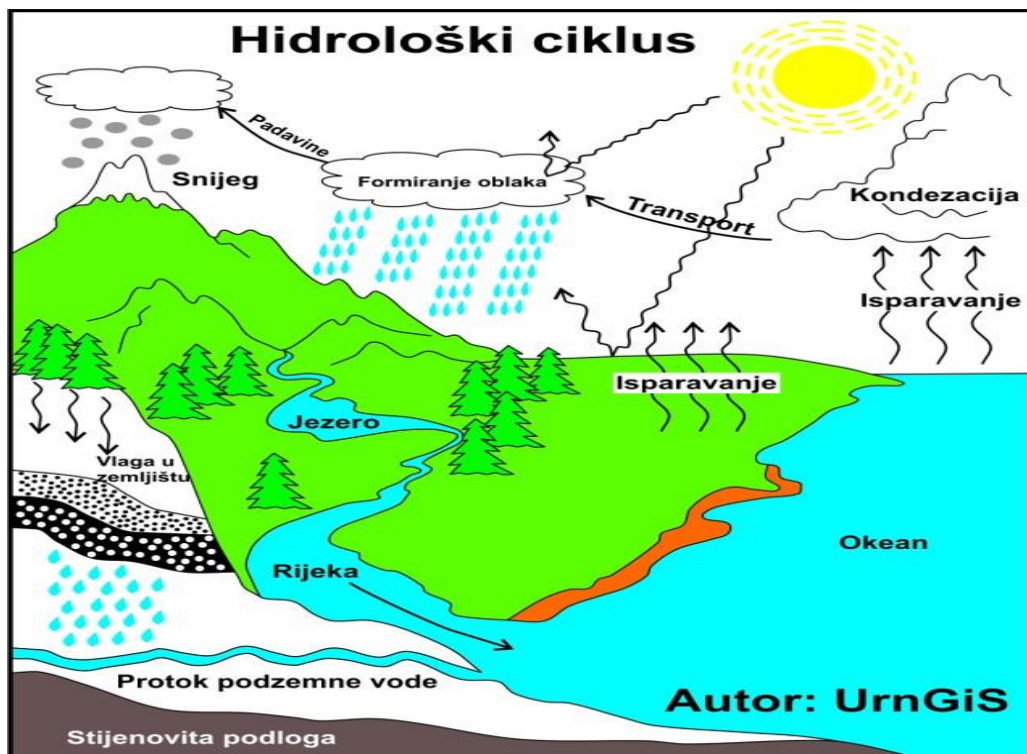
# 1. UVOD

Voda je najrasprostranjenija tekućina na planetu Zemlji te najvažnije otapalo koje otapa kapljevine, plinove i mnogobrojne krutine. Zbog polarnosti posjeduje izvrsnu sposobnost da otapa različite vrste tvari. Molekula vode sastoji se od dva atoma vodika i atoma kisika. Vrlo je bitna za život i funkcioniranje svih živih organizama. Znanstvenici tvrde da živa bića najvećim djelom sastoje od vode te da se skoro tri četvrtine Zemljine površine sastoji od vode.

Pod utjecajem Sunčevog zračenja površinska voda neprekidno isparava u atmosferu, gdje kondenzira i u obliku oborina (kiša, snijeg, inje, magla, tuča, rosa i sl.) vraća na Zemlju, te tim procesom prenosi velike mase vode na kontinente te taj proces naziva se hidrološki ciklus (Slika 1).

Hidrološki ciklus sastoji se od 3 dijela:

- more i vegetacije,
- oblaka (kondenzacije i oborina)
- kopnenih, površinskih i podzemnih voda ([geografijazasve, url](http://geografijazasve.url)).



Slika 1. hidrološki ciklus vode ([geografijazasve, url](http://geografijazasve.url))

Pri atmosferskom tlaku i temperaturi od 0°C (kada se ledi) te 100°C (kada ključa) čista voda je bezbojna tekućina bez boje, okusa i mirisa, dok je gustoća vode najveća na 3,98°C pa je led manje gustoće od vode te tom prilikom pliva na površini. Pri tome je njegov volumen za 9% veći od volumena iste mase tekuće vode. Također voda razdjeljuje ljude, države, kulture. Bez vode ne bi bilo života, a čovječanstvo je vrlo bitno pri činu očuvanja vode. Vrlo bitnu ulogu u tom procesu čini ljudska svijest o zagađenju vode. Na planeti je trenutno raspoloživo oko 1% slatke pitke vode koja je raspoloživa za cijelo čovječanstvo. Bez obzira što moderna tehnologija omogućuje obradu vode kako bi bila pitka za čovječanstvo, ona se mora čuvati (Mayer, 2004).

Odakle tolika količina vode na Zemlji i koje je njeno porijeklo? Promatrajući najbliže planete, može se uočiti da ne obiluju sa puno vode, naprotiv imaju jako male količine tekućine te su uglavnom "pustinje". Ranije se mislilo da su komete bogate vodom. Naime, komete koje se nalaze na rubu našeg Sunčevog sustava, smatralo ih se da su one osnovni izvor vode na Zemlji akumulirane u obliku mora, oceana, jezera, rijeka i sl. Međutim noviji podaci po kojima je nivo deuterija (izotop vodika) u vodi kometa tipa Halley i Hale-Bopp i dr. 2 put veća nego što je u morskoj vodi na Zemlji, govore o tome kako one ne mogu biti jedini izvor sve vode u oceanima. Najvjerojatnije je da voda ima izvorno porijeklo iz hidratiziranih minerala koji su se nalazili u proto planetu čijim sudaranjem je naša planeta i nastala. Plinovi su bili zarobljeni u proto planetima koje su formirale Zemlju (kao što su vodik, ugljikov dioksid, metan, vodena para) pod utjecajem visokih temperatura koje su vladale na njenoj površini te su se plinovi oslobađali u atmosferu (Nenadić i Bogićević, 2012, url).

## **2.PREGLED LITERATURE**

### **2.1. Općenito o vodi**

Kakvoća vode ispituje se prema preporukama, smjernicama i pravilnicima mjerodavnih ustanova i zavoda na nacionalnoj i međunarodnoj razini. U Hrvatskoj je kakvoća vode za piće propisana Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13) koji je u suglasju sa istovrsnim zakonodavstvom Europske Unije.

Ovim se propisuje:

- zdravstvena ispravnost vode koja služi za javnu opskrbu stanovništva kao voda za piće te voda za proizvodnju ili pripremu namirnica,
- vrste, obujam i standardni postupci analize uzoraka vode za piće,
- učestalost i način uzimanja uzoraka vode za piće.

U prirodi nema idealno čiste vode, voda već pri nastanku iz vodene pare otapa plinove i krute čestice koje se nalaze u atmosferi. Sastav tla i onečišćenje tla ima velik utjecaj na sastav i kakvoću vode. U toku padanja kiša upija atmosfersko onečišćenje zbog povećane količine CO<sub>2</sub>, pH pada od 5,6 – 4, pa nastaju kisele kiše.

### **2.2. Fizikalno kemijski pokazatelji kvalitete vode**

Električna vodljivost je sposobnost vode da provodi el. Energiju, sposobnost ovisi o prisutnosti iona, te njihovoj ukupnoj koncentraciji, o pokretljivosti iona, valenciji te o temperaturi mjerenja. Jedinica mjerenja el. Vodljivosti je "mikrosimens po centimetru" (mS/cm).

Ukupno otopljene tvari u vodi su otopljene anorganske soli, čija je mjerna jedinica mg/l. Naime, glavnu soli čine kationi magnezija, kalcija, natrija te kalcija, dok glavnu aniona čine karbonati, sulfati, nitrati, te otopljene tvari koje mogu utjecati na njen okus.

Salinitet je iznimno važno svojstvo vode koje mu dajemo, a iskazuje se u promilima (1 gram soli otopljeno u jednoj litri vode).

Tvrdoća vode je mjerilo učinka vode za njeno reagiranje sa sapunom. Tvrdoj vodi je potrebno više sapuna za stvaranje pjene, a uzrok tome su otopljeni polivalentni ioni uglavnom kalcija i magnezija. Što se tiče tvrdoće, ona se najčešće izračunava u mg/l CaCO<sub>3</sub>, ali i pomoću Engleskih, Njemačkih te Francuskih stupnjeva.

Najviša temperatura za piće vode 25°C, dok je idealna 15°C.



Kiselost vode ili pH je mjera je kiselosti vode i treba biti u rasponu od 6,5-8, mjeri se tako da se uređaj uroni u vodu te se brzo dobiju rezultati.

Polarnost vode jeneravnomjerna razdioba električnog naboja unutar molekule, a uzrokovana je odjeljivanjem električnog naboja uslijed neravnomjerne raspodjele elektrona u molekuli. Atom kisika na čelu molekule je elektronegativan tako da jedan kraj te molekule ima parcijalno negativan naboj, dok drugi dio kod atoma vodika ima parcijalno pozitivan naboj. To uzrokuje asimetričnost molekule vode (dva atoma vodika su vezana pod kutom od  $104,5^{\circ}\text{C}$  za atom kisika. Polarnost uvelike određuje ostala svojstva vode.

Kohezija je svojstvo molekule da uspostavlja vodikove veze sa bliskim molekulama. Ona nastaje međusobnim privlačenjem i spontanom usmjeravanjem molekula tako da se elektronegativni atom kisika jedne molekule pridružuje elektropozitivnim atomima vodika drugih molekula vode. Kohezivnost uvjetuje veliku površinsku napetost vode, specifičnu toplinu, visoku točku vrelišta, toplinu isparavanja te kapilarnost.

Specifična toplina je količina topline koju jedinica količine tvari treba primiti da bi se jedinica temperature podigla za jedinicu temperature. Njen je visoki iznos kod vode prouzrokovan širenjem vodikovih veza. Energija koja kod drugih tekućina povećava gibanje među molekulama otapala (povećava temperaturu), kod vode se koristi za razbijanje vodikovih veza među susjednim molekulama. Vodene otopine su tako zahvaljujući vodikovim vezama izuzete od velikih promjena temperature.

Toplina isparavanja je količina energije potrebna da se određena količina tvari iz tekućeg pretvori u paru. Ova vrijednost je velika kod vode jer se tokom procesa moraju razbiti vodikove veze, te ju ovo svojstvo čini dragocjenom te izvršnim rashladnim uređajem.

Hidrofilne otopljene tvari su tvari koje voda privlači, pa se usred hidratacije brže otapaju u vodi (male organske molekule u stanicama: šećeri, organske kiseline i neke aminokiseline). To su specifične neutralne molekule, koje elektrostatički djeluju s molekulom vode.

Hidrofobne otopljene tvari nisu topljive u vodi (lipidi i većina proteina). To su nepolarnе molekule koje razbijaju strukturu vode i teže izuzimanju zbog onemogućavanja uspostavljanja vodikovih veza u vodi (Voda izvor života, url).

## **2.3. Zakonska regulativa o vodi**

### **2.3.1. Zakonodavstvo u vodi za ljudsku potrošnju**

Onečišćenje vode proizlazi iz mnogih razloga koji se nadovezuju jedno na drugo a to su:

- neumjerena potrošnja fosilnih goriva,
- tehnološki napredak društva te
- porasti stanovništva.

Zbog toga su se morali donijeti neke zakonske regulative u svrhu smanjenja prekomjerne potrošnje vode te u svrhu njene zdravstvene ispravnosti.

Zakonskom regulativom se propisuje i uređuje zdravstvena ispravnost vode za ljudsku potrošnju. U Republici hrvatskoj na snazi je Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13,64/15,104/17 te 115/18) kojim se uređuju:

- načini postupanja i izvješćivanja u slučaju odstupanja parametara za provjeru sukladnosti vode,
- praćenje i druge kontrole zdravstvene ispravnosti vode te njihovo financiranje,
- obveze pravnih osoba koji opskrbljuju vodom za ljudsku potrošnju,
- zahtjeve za zaštitu zdravlja stanovništva od npr. radioaktivnih tvari u vodi namijenjenoj za ljudsku potrošnju te vrijednosti parametar,učestalost i metode praćenja radioaktivnih tvari.

### 2.3.2. Vode za piće

Voda za piće jesva voda koja u svom izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće,kuhanje,pripremu hrane ili druge kućanske namjeneovisno o njenom porijeklu te neovisno isporučuje li se cisternama,vodovodnim mrežama,bocama,spremnici i sl.

Voda u originalnom pakiranju jeprirodna mineralna voda,voda iz krša,prirodna izvorska i stolna voda.

Voda u ambalaži jevoda iz izvorišta vodoopskrbnog sustava napunjena u ambalažu koja se koristi u prehrambenoj industriji.

Javna vodoopskrba (Slika 2) je opskrba vodom za više od 50 ljudi ili 10m kubnih po danu,opskrba iz objekata pravnih i fizičkih osoba koje obavljaju djelatnost poslovanja s hranom te opskrba javnih ustanova poput bolnica,škola,autobusnih te željezničkih kolodvora,ugostiteljskih objekata (wikipedija, url).

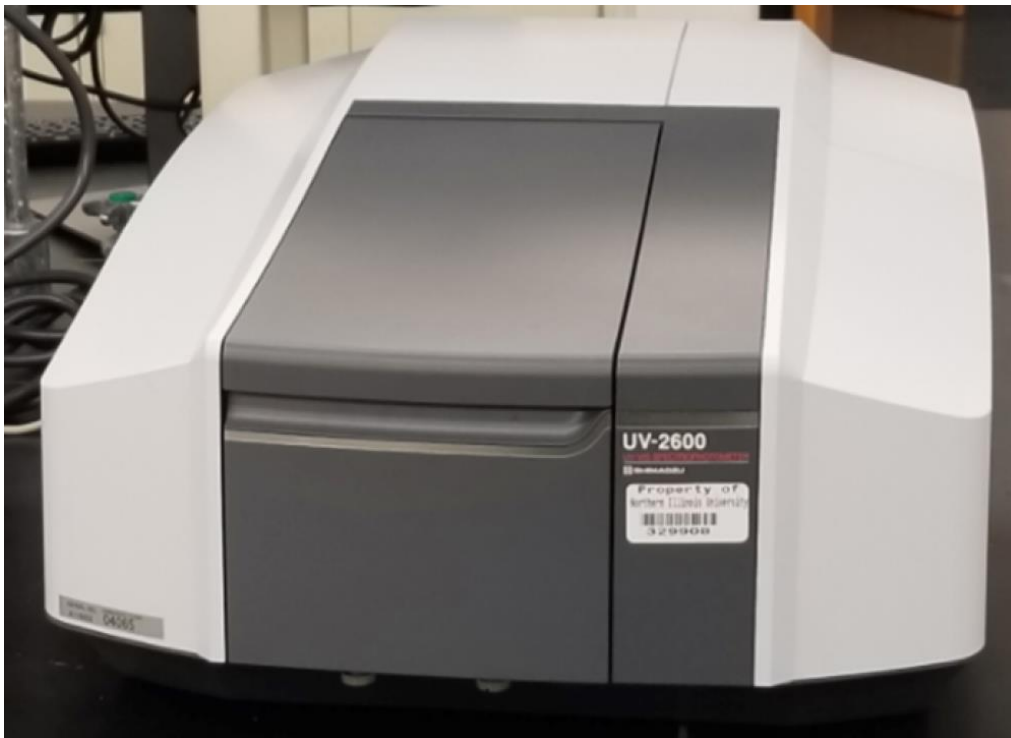


Slika 2. Uređaj za reverznu osmozu u vodoopskrbnom sustavu (Wikipedija,url)

## 2.4. Spektrofotometrija

U kemiji, spektrofotometrija je kvantitativno mjerenje reflektivnih osobina materijala kao funkcija valne duljine. Ona obuhvaća spektroskopska mjerenja vidljivom bliskom-UV i bliskom infracrvenom svjetlošću.

Spektrofotometrija je specifičniji naziv od spektroskopije koji ne obuhvaća vremenski ovisne metode. Podrazumijeva upotrebu spektrofotometra (Slika 3), a to je fotometar (uređaj za mjerenje intenziteta svjetlosti koji može mjeriti intenzitet kao funkciju valne duljine izvora svjetlosti. Važne odlike spektrofotometra su spektralni opseg i linearni opseg apsorpcije i mjerenje refleksije (Manojlović, 2020., url).



Slika 3. UV-2600 Spektrofotometar, (Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, url)

Spektrofotometar često se koristi za mjerenje prozračnosti ili refleksije rastvora neprozirnih materija kao što su polirana stakla ili plinovi. Međutim oni mogu biti dizajnirani i za mjerenje difuzivnosti na bilo kojem od navedenih opsega svjetlosti koji obično pokrivaju oko 200nm-2500nm koristeći razne kontrole i kalibracije. Kalibracija uređaja je neophodna. Koriste se standardi koji se razlikuju po tipu, te ovise o valnoj duljini fotometrijskog određivanja.

Upotreba spektrofotometra obuhvaća različite znanstvene discipline kao što su fizika, biokemija, kemija, nauka o materijalima, molekularna biologija. Oni su široko korišteni u industrijama uključujući proizvodnju poluprovodnika, lasera, optičkih materijala za štampanje i forenzičko ispitivanje te u laboratorijima za proučavanje kemijskih supstanci. Spektrofotometrom se može odrediti, zavisi od kontrole ili kalibracije, koje su supstance prisutne u uzorku kao i u kojoj količini putem izračuna za promatrane valne duljine (Đorđević i Macej, 1982).

#### **2.4.1. UV/VIS spektroskopija**

Ultraljubičasta i vidljiva apsorpcijska spektroskopija primjenjuje se za kvantitativnu ali i za kvalitativnu analizu. To je najčešće primjenjivana metoda u kemijskim i kliničkim laboratorijima od bilo kojeg drugog pojedinačnog postupka. UV/VIS spektrofotometrija je tehnika koja se bazira na apsorpcijskoj spektroskopiji u ultraljubičastom (200 – 380nm) i vidljivom (380-780nm) dijelu spektra.

Apsorbirana energija uzrokuje prijelaz elektrona iz nižeg, osnovnog stanja u više, pobudno stanje što znači vidljivo i ultraljubičasto zračenje pomiče elektrone u više orbitale. Apsorpcija UV odnosno vidljivog zračenja ovisi o energiji fotona i elektronskoj konfiguraciji molekula odnosno o energetske razlikama između elektronskih stanja u molekuli. (Škorić, 2019., url).

### 2.4.3. IR spektroskopija

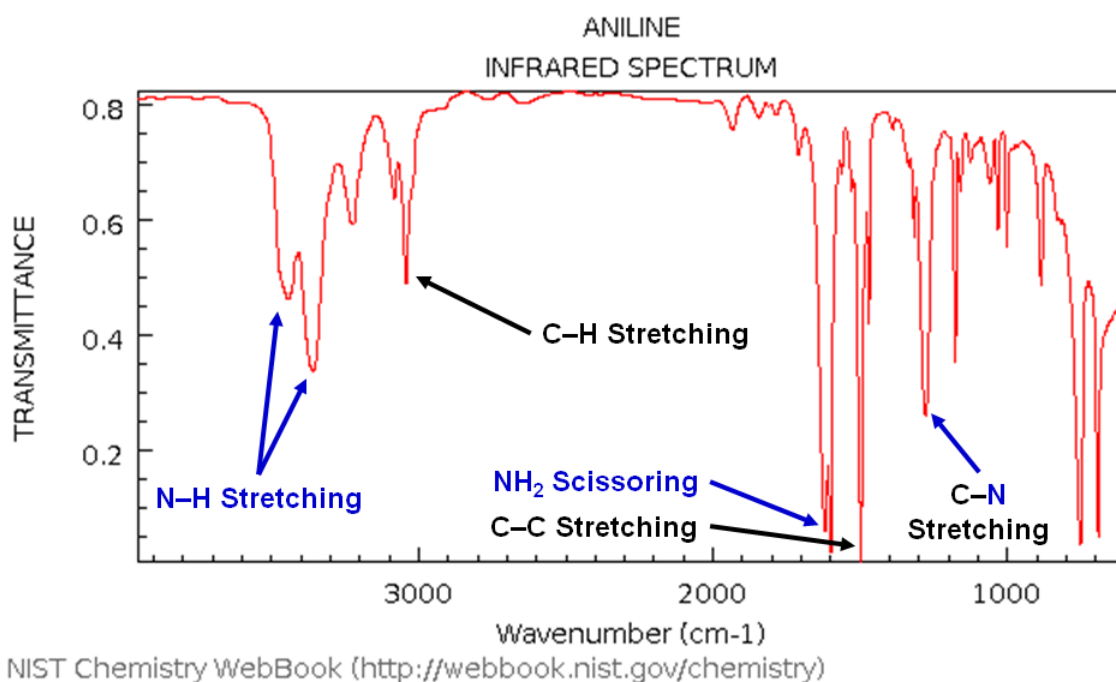
Infracrvena spektroskopija je instrumentalna metoda za detekciju, odnosno identifikaciju funkcionalnih skupina prisutnih u molekuli. Kada se govori o infracrvenoj spektroskopiji podrazumjeva se područje spektra elektromagnetnog zračenja u rasponu 2,5-15mm.

Infracrveni spektar apsorbiranog svjetla kao funkcija valne duljine. Apsorbira se samo svjetlo čija se frekvencija podudara sa frekvencijom vibracija veze u molekuli odnosno frekvencije radijacije i vibracije moraju biti iste kako bi došlo do apsorpcije. Faktori koji određuju apsorpcijski položaj su jačina veze, masa atoma, vrsta vibracije. Jačinu veze određujemo iz energija disocijacije promatrane molekule (Škorić, 2019., url).

Infracrvena spektroskopija je instrumentalna metoda za detekciju, odnosno identifikaciju.

Postoje dvije vrste vibracija (Slika 4):

- 1) rastezanje-kojima odgovara veće vrijednosti valnog broja,
- 2) savijanje-kojima odgovaraju niži valni brojevi a koje mogu biti asimetrične i simetrične.



Slika 4. Prikaz dvije vrste vibracija: Rastezanje i savijanje (ScientificGems, url)

### 2.4.3. Derivacijska spektroskopija

Derivativna spektroskopija relativno je nova metoda čija je primjena porasla u zadnje vrijeme utjecajem velikog napretka računalne tehnologije.

Primjena derivacijske spektroskopije:

- a) pogodna je za analizu višekomponentnih sistema
- b) kvantitativno određivanje tragova u višekomponentnim sistemima,
- c) karakterizacija čistih supstanci,
- d) eliminira ili smanjuje apsorpciju pozadine čime omogućava određivanja u mutnim suspenzijama,
- e) derivacijom osnovnog spektra moguće je točnije odrediti valne duljine maksimuma širokih apsorpcijskih traka.

Dobivanje derivativnih spektara:

- a) optički,
  - b) elektronski,
  - c) matematički,
- a) optički (najmanje se smanjuje odnos signala i šuma),
  - b) elektronski (loš odnos signala i šuma, može se koristiti do četvrtog izvoda,
  - c) matematički (koristi se polinomska interpolacija, Furijeva transformacija) (Manojlović, 2020., url).

### 3.MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Zadatak

Zadatak rada je praćenje fizikalno-kemijskih parametara kakvoće vode korištenjem spektrofotometra. Za provedbu zadatka uzeto je po pet uzoraka vode (u staklenim bocama) s pet različitih mjesta. Neposredno nakon uzorkovanja, provedeni su analitički postupci.

#### 3.2. Metode

Za analiziranje fizikalno-kemijskih parametara korišten je spektrofotometar SHIMADZU 1601 (Slika 5).

Sve korištene metode su prema Radnoj uputi laboratorija Vodovod, Slavonski Brod.



Slika 5. Uređaj SHIMADZU 1601- spektrofotometar(Bimedis, url)

#### Određivanje absorbance na 254nm

Ovaj parametar ukazuje na prisustvo humunskih tvari u vodi. Što je absorbancija višata je prisustvo humunskih tvari veća.



Absorbancija na 254 nm mjeri se tako da se stisneme "Go To WL" zatim se upiše valna duljinu.

POSTUPAK: 1.Stavi se kvarcnu kivetu u demi vodu-slijepa proba.

2.Klikne se na računalu "AUTO ZERO"

3.Stavi se kvarcnakiveta sa uzorkom u instrument te se očita absorbanca.

IZLAZ: Klikom na "File" pa "Exit" zatim se odabere opcija "DA"

Zatim se spektrofotometar isključi.

### **Određivanje ukupnog željeza (Fe) u vodi spektrofotometrijski**

Odmjeri se 20ml uzorka u Erlenmayerovu tikvicu od 50ml te se doda 130 $\mu$ L 35% HCl. Nakon toga se doda 0,5ml otopine hidroksiaminhidroklorida.Zatim 0,5ml otopine amonijacetata 0,8 ml 0,1% otopine fenoftaleina.Nakon mućkanja, ostavi se 15 minuta da odstoji te nakon toga mjeriti na spektrofotometru na valnoj duljini od 510nm uz odgovarajući faktor.

### **Određivanje mangana (Mn) atomsko apsorpcijskom spektrofotometrijom**

Pomoću menzure uzme se 20ml uzorka vode za analizu.Doda se 1ml 65% HNO<sub>3</sub>, zatim se zagrije i ohladi(uzorak ne smije ključati).Nakon toga, uzorak se sipa u plastične kivete i zatvara sa parafilnom trakom.Mjerenje se radi na atomskom absorberu pri valnoj duljini od 275,5nm.

### **Određivanje amonijaka (NH<sub>4</sub>)sa salicilatopspektrofotometrijski**

Odmjeri se 40ml uzorka u Erlenmayerovu tikvicu doda se 4ml obojenog reagensa (otopina 1.) i dobro se promiješa. Nakon toga dodaje se 4ml natrij diklorizocijanourata (otopina 2.) te opet dobro promiješa. Nakon toga doda se 2 ml vode te ostavi uzorak 1 sat, najviše 3 kako bi se razvila boja, a nakon toga se mjeri na spektrofotometru.

Za slijepu probu koristila se sedmi voda ili redestilirana kao i sa otopinama 1. i 2.

Mjerenje se vrši na spektrofotometru na valnoj duljini od 655nm.

### **Određivanje nitrita(NO<sub>2</sub>) spektrofotometrijskom metodom**

Odmjeri se 40ml uzorka,doda se pipetom 1ml obojenog reagensa (1M otopine HCl) i 9ml demi vode.Nakon 20 min. kada se razvije boja mjeri se na spektrofotometru UV-1601 SHIMADZU kod valne duljine od 540nm.

### **Određivanje nitrita (NO<sub>3</sub>)spektrofotometrijski**

U odmjerenu tikvicu od 100ml ulije sedemineralizirana vode do pola te se doda 8,5 ml 36,5 % HCl i dopuni do oznake. Zatim, u tikvicu od 100ml se ulije 50ml uzorka vode za analizu te se doda 1ml 1M otopine HCl. Uzorak se dobro promućka. Mjerenje se izvodi na 220nm sa kvarcnom kivetom širine 1cm ili da ima oznaku UV.

## 4. REZULTATI

Tablica 1. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskom metodom  
Mjesto uzorkovanja: Osnovna škola Ivan Goran Kovačić, Slavonski Brod ("Izvor: autor")

Parametar	Mjerna jedinica	MDK	DATUM UZORKOVANJA				
			1.6.2020.	2.6.2020.	3.6.2020.	4.6.2020.	5.6.2020.
Nitriti	mg/l NO <sub>2</sub>	0.50	0.001	0.001	0.0012	0.0011	0.001
Nitrati	mg/l NO <sub>3</sub>	50	5.25	4.93	4.21	4.43	4.77
Željezo	µg/L	200	23.45	14.12	9.88	7.54	10.37
Mangan	µg/L	50	20.64	16.43	17.97	13.28	11.58
Amonij	mg/L	0.50	0.00	0.00	0.003	0.00	0.00

Tablica 2. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskom metodom  
Mjesto uzorkovanja: Pekarna "Složna braća" Slavonski Brod ("Izvor: autor")

Parametar	Mjerna jedinica	MDK	DATUM UZORKOVANJA				
			1.6.2020.	2.6.2020.	3.6.2020.	4.6.2020.	5.6.2020.
Nitriti	mg/l NO <sub>2</sub>	0.50	0.0008	0.0009	0.0009	0.001	0.001
Nitrati	mg/l NO <sub>3</sub>	50	5.09	4.83	4.43	4.51	4.67
Željezo	µg/L	200	25.73	15.72	11.21	8.92	11.03
Mangan	µg/L	50	22.56	16.99	18.24	13.42	11.73
Amonij	mg/L	0.50	0.00	0.00	0.003	0.00	0.00

Tablica 3. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskom metodom  
Mjesto uzorkovanja: "Zagrebačka Banka "Slavonski Brod ("Izvor: autor")

Parametar	Mjerna jedinica	MDK	DATUM				
			1.6.2020.	2.6.2020.	3.6.2020.	4.6.2020.	5.6.2020.
Nitriti	mg/l NO <sub>2</sub>	0.50	0.0012	0.0011	0.0013	0.0011	0.0011
Nitrati	mg/l NO <sub>3</sub>	50	5.33	4.89	4.27	4.59	5.21
Željezo	μg/L	200	22.45	17.32	11.54	10.53	9.75
Mangan	μg/L	50	21.08	19.82	19.45	16.79	9.35
Amonij	mg/L	0.50	0.00	0.00	0.004	0.00	0.00

Tablica 4.4. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskim metodama  
Mjesto uzorkovanja: "Kod Žutog" Slavonski Brod ("Izvor: autor")

Parametar	Mjerna jedinica	MDK	DATUM				
			1.6.2020.	2.6.2020.	3.6.2020.	4.6.2020.	5.6.2020.
Nitriti	mg/l NO <sub>2</sub>	0.50	0.0012	0.0011	0.0013	0.0011	0.0011
Nitrati	mg/l NO <sub>3</sub>	50	5.33	4.89	4.27	4.59	5.21
Željezo	μg/L	200	22.45	17.32	11.54	10.53	9.75
Mangan	μg/L	50	21.08	19.82	19.45	16.79	9.35
Amonij	mg/L	0.50	0.00	0.00	0.004	0.00	0.00

Tablica 5. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskim metodama  
 Mjesto uzorkovanja: "Pečenjarnica Alo" Slavonski Brod ("Izvor: autor")

Parametar	Mjerna jedinica	MDK	DATUM				
			1.6.2020.	2.6.2020.	3.6.2020.	4.6.2020.	5.6.2020.
Nitriti	mg/l NO <sub>2</sub>	0.50	0.0012	0.001	0.0012	0.0014	0.0014
Nitrati	mg/l NO <sub>3</sub>	50	5.61	4.79	4.33	4.27	4.91
Željezo	μg/L	200	26.29	18.32	12.05	11.93	10.77
Mangan	μg/L	50	24.52	18.73	20.88	16.07	9.66
Amonij	mg/L	0.50	0.00	0.00	0.003	0.00	0.00

## 5.RASPRAVA

Promatrajući tablicu br. 1 Osnovna škola "Ivan Goran Kovačić" uočava se promjena kod nitrita tijekom cijelog perioda uzorkovanja. Nitriti su početkom tjedna bili povišeni, te je koncentracija do sredine tjedna opadala, međutim od sredine prema vikendu opet se vidi određeni blagi porast u koncentraciji. Željezo početkom mjerenja ima vrijednost od 23 $\mu$ g/L, do četvrtka znatno opada na nešto više od 7 $\mu$ g/L, te se u petak ponovno podiže na 10  $\mu$ g/L. Mangan je kao i željezo najizraženiji bio na početku i sredini tjedna, no već je u danima prema vikendu krenuo padati. Što se tiče amonijaka, uočavaju se tijekom mjerenja jako male razlike, te je koncentracija samog amonijaka zanemariva. Sve dobivene vrijednosti su u skladu s maksimalno dozvoljena količinom (MDK).

Kada obratimo pozornost na tablicu br. 2 Pekarnica "Složna braća" nitriti imaju znatno nižu vrijednost od dopuštenih 0.50 mg/l, oni imaju 0.001 ili manje mg/L NO<sub>2</sub>. Nitrati su veći i prelaze granicu od 5 mg/l NO<sub>3</sub> na početku tjedna, dok ostatak tjedna se nalaze ispod granice od 5 mg/l. Prvi dan željezo ima izraženu vrijednost od 25  $\mu$ g/L, dok slijedeći ima 15  $\mu$ g/L te ostatak tjedna pada na oko 10  $\mu$ g/L. Mangan ima visoku vrijednost, nešto više od 22  $\mu$ g/L na početku tjedna, a smanjuje se prema sredini tjedna na nešto više od 18  $\mu$ g/L, te se opet smanjuje prema početku vikenda. Amonijaku je vrijednost oko 0 mg/L te ne upućuje na buduće povećanje. Sve dobivene vrijednosti su u skladu s maksimalno dozvoljena količinom (MDK).

U tablici broj 3. "Zagrebačka banka" vidljivo je da su nitriti tijekom cijelog tjedna na vrijednosti oko 0.001 kao i u tablicama 1 i 2. Nitrati se prelaze vrijednost od 5 mg/L te su tijekom cijelog tjedna na prosjeku od oko 4.6 mg/L. Željezo se nalazi na razini ispod 20  $\mu$ g/L što je znatno niže nego za mjerenja prikazana u tablicama 1 i 2. Drugi dan tjedna željezo opada na oko 16  $\mu$ g/L te prema petku svaki dan pada na od prilike 10 $\mu$ g/L. Mangan ponedjeljkom ima najveću vrijednost u odnosu na tablice 1 i 2, gotovo 24 $\mu$ g/L, slijedeća dva dana je na razini od 17-19  $\mu$ g/L te ostatak tjedna pada na skoro 13 odnosno 11  $\mu$ g/L. Amonijak standardno nema, vrijednost je oko 0 mg/L cijeli tjedan. Sve dobivene vrijednosti su u skladu s maksimalno dozvoljena količinom (MDK).

U tablici broj 4. količina nitrita po prvi put prelazi granicu od 0.001 mg/L kroz cijeli tjedan, te je time je dosegnuta maksimalna vrijednost od 0.0013 mg/L. Nitrati su početkom tjedna nešto veći od 5 mg/L te se ostatak tjedna spuštaju na ispod 5 mg/L. Željezo početkom tjedna ima vrijednost nešto iznad 22  $\mu$ g/L te svakim danom prema kraju tjedna opada mu vrijednost do konačnih 9.75  $\mu$ g/L u petak. Mangan se prva tri dana penje na vrijednost od 19-

21 µg/L, četvrti dan pada na više od 16 te u petak drastično pada na ispod 10 µg/L. Amonijak ima razinu oko 0 mg/L osim u srijedu, kada je mjerenje pokazalo na 0.004 mg/L. Sve dobivene vrijednosti su u skladu s maksimalno dozvoljena količinom (MDK).

U tablici broj 5. kod nitrita vidljivo je ponovno da u svim danima prelaze granicu malo više od 0.001 mg/L. Nitrati su u ponedjeljak bili iznad 5 µg/L te su ostatak tjedna padali ispod vrijednosti 5 µg/L, da bi se u petak ponovno izmjerena vrijednost jako približila vrijednosti 5 µg/L. Željezo u ponedjeljak ima vrijednost od 26.29 µg/L sredinom tjedna drastično se smanjuje na 12 µg/L a krajem pada na ispod 11 µg/L. Mangan je čitav tjedan imao raspon od 16-24.5 µg/L s naglaskom na ponedjeljak koji je bio s najvišom koncentracijom, da bi u petak drastično pao ispod 10 µg/L. Amonijak je na vrijednosti od 0 mg/L, te samo se u srijedu desio blago povećanje koncentracije od 0.003 mg/L. Sve dobivene vrijednosti su u skladu s maksimalno dozvoljena količinom (MDK).

Iz gore navedenog vidljivo je da su ponedjeljkom svi parametri u većini slučajeva osim nitrita na svim mjestima uzorkovanja veći od ostatka tjedna. Možemo primijetiti da mangan i željezo u tablici br. 4 (Kod Žutog) svakim danom konstantno opadaju. Također u tablici broj 5. samo željezu od ponedjeljka prema petku svakim danom pada vrijednost. Nitrati u tablici broj 3. (Zagrebačka banka) u svim danima tjedna su ispod broja od 5 mg/L, što na ostalim mjestima uzorkovanja nije slučaj. Svi parametri su u skladu sa MDK također su u skladu sa Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18), samim time parametri ukazuju da je voda sigurna za ljudsku potrošnju i zdravlje.

## 6. ZAKLJUČAK

Iz rezultata se može zaključiti slijedeće:

- MDK svih testiranih uzoraka nije premašena niti na jednom mjestu niti jedan dan
- Vrlo mala odstupanja su mjerena na svim točkama uzorkovanja
- Svi rezultati sa mjesta uzorkovanja su u skladu sa Pravilnikom o parametrima sukladnosti koji proizlazi iz Zakona o vodi za ljudsku potrošnju.
- Ako se dogodi da izmjerene vrijednosti premašuju MDK, potrebno je odmah djelovati sa postupcima predviđenim za smanjenje koncentracije određenog kemijskog spoja.



## 7. LITERATURA

1. Đorđević, J., Macej, O. (1982) *Atomska apsorpcijska spektrofotometrija i njena primjena u određivanju mineralnog mlijeka*. Zemun: Poljoprivredni fakultet.
2. Mayer, D. (2004) *Voda: od nastanka do upotrebe*. Zagreb: Prosvjeta.
3. Narodne Novine (2013) Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju Zagreb: Narodne Novine d.d, NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18
4. Radna uputa laboratorija Vodovod, Slavonski Brod

### Internetski izvori:

5. Geografija za sve, Hidrološki ciklus, URL: <https://geografijazasve.me/2017/03/20/1011/> [pristup: 15.08.2020]
6. Manojlović, D., *Kolorimetrija i spektrofotometrija*. Kemijski fakultet Beograd, URL: [https://www.chem.bg.ac.rs/~manojlo/Instrumentalna\\_analiza-PH/TEMA%209f-KOLORIMETRIJA%20I%20SPEKTROFOTOMETRIJA.ppt](https://www.chem.bg.ac.rs/~manojlo/Instrumentalna_analiza-PH/TEMA%209f-KOLORIMETRIJA%20I%20SPEKTROFOTOMETRIJA.ppt), [pristup: 25.09.2020]
7. Nenadić, D., Bogićević, K., (2012) Otkud voda na Zemlji, URL: <https://www.astronomija.org.rs/sunev-sistem-74117/planete-43591/zemlja-90410/5703-otkud-voda-na-zemlji> [pristup: 20.09.2020]
8. Narodne novine (2008) Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Zagreb: Narodne novine d.d., 46/07, str. URL: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_04\\_47\\_1593.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_47_1593.html) [pristup: 16.08.2020]
9. Škorić, I., (2019) *Molekulska spektroskopija nastavni tekst*, [https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/Nastavni\\_tekst\\_Molekulska\\_spektroskopiya.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/Nastavni_tekst_Molekulska_spektroskopiya.pdf) [pristup: 21.09.2020]
10. Tvrteke.hr, Vodoopskrba, URL: <https://www.tvrtke.hr/nasice/vodovod-oprema-odrzavanje-postavljanje/nasicki-vodovod/vodoopskrba/10032-12495> [pristup: 21.08.2020]
11. Voda izvor života, URL: <https://sites.google.com/site/tiaivoda/kemijska-svojstva> [pristup: 17.08.2020]
12. Wikipedija, URL: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrolo%C5%A1ki\\_ciklus](https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrolo%C5%A1ki_ciklus) [pristup: 17.08.2020]

13. ScientificGems, URL: <https://scientificgems.wordpress.com/2014/12/11/infrared-spectroscopy/>, [pristup 25.9.2020]
14. Bimedis, URL: <https://bimedis.com/a-item/spectrophotometer-shimadzu-uv-1601-spectrophotomter-shimad-1479307>, [pristup 15.9.2020]

## **Popis slika i tablica**

Slika 1.. Hidrološki ciklus vode

Slika 2. Uređaj za reverznu osmozu u vodoopskrbnom sustavu

Slika 3. UV-2600 Spektrofotometar

Slika 4. Prikaz dvije vrste vibracija: Rastezanje i savijanje

Slika 5. Uređaj SHIMADZU 1601- spektrofotometar

Tablica 1. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskim metodama

Mjesto uzorkovanja: Osnovna škola Ivan Goran Kovačić, Slavonski Brod

Tablica 2. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskim metodama

Mjesto uzorkovanja: Pekarna "Složna braća" Slavonski Brod

Tablica 3. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskim metodama

Mjesto uzorkovanja: "Zagrebačka Banka" Slavonski Brod

Tablica 4. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskim metodama

Mjesto uzorkovanja: "Kod Žutog" Slavonski Brod

Tablica 5. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode spektrofotometrijskim metodama

Mjesto uzorkovanja: "Pečenjarnica Alo" Slavonski Brod

## **IZJAVA O AUTORSTVU RADA**

Ja, **Tibor Siser**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/ diplomskog rada pod naslovom **Primjena spektrofotometrijske metode u nadzoru kakvoće vode**, te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 20. rujna 2021.

Tibor Siser

---