

# Kvaliteta vode bioloških bazena grada Čazme

---

Trulec, Maja

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:460327>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**

REPOZITORIJ

PTF

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Maja Trulec**

**KVALITETA VODE BIOLOŠKIH BAZENA GRADA ČAZME**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, prosinac, 2023.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za primijenjenu kemiju i ekologiju  
Katedra za ekologiju i toksikologiju  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

### Diplomski sveučilišni studij Procesno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija vode i obrada otpadnih voda

**Tema rada** je prihvaćena na X. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj 17. srpnja 2023.

**Mentor:** prof. dr. sc. *Mirna Habuda-Stanić*

**Pomoć pri izradi:** *Dajana Petrina*, mag. ekon. in posl. ved.

### Kvaliteta vode bioloških bazena grada Čazme

*Maja Trulec*, 0113143964

**Sažetak:** U novije vrijeme sve češće se grade tzv. biološki bazeni čija tehnologija pripreme bazenske vode podrazumijeva kombinaciju mehaničke filtracije i primjenu biljaka koje uklanjaju organska onečišćenja bazenske vode. Zbog atraktivnog i prirodnog izgleda, ne korištenja kemikalija u tehnologiji pročišćavanja vode, raste broj javno dostupnih bioloških kupališta. Zbog odsutnosti dezinfekcijskih sredstava u obradi vode, zdravstveni rizik za korisnike u biološkim bazenima je nešto veći kada su u pitanju bakterije koje se ovim sredstvima u konvencionalnim bazenima uklanjaju. U ovom radu analizirana je mikrobiološka kvaliteta vode za kupanje u biološkom bazenu grada Čazme, prvom javnom bazenu koji koristi prirodne metode pročišćavanja vode u Republici Hrvatskoj. Kvaliteta vode određuje se praćenjem fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja, određenih Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020).

**Ključne riječi:** biološki bazen, mikrobiološka kvaliteta vode, fizikalno-kemijski parametri, zdravstvena sigurnost vode za kupanje

**Rad sadrži:** 44 stranice  
19 slika  
4 tablice  
24 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

### Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Dajana Gašo-Sokač</i>   | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. <i>Mirna Habuda-Stanić</i> | član-mentor   |
| 3. doc. dr. sc. <i>Valentina Bušić</i>      | član          |
| 4. doc. dr. sc. <i>Tihomir Kovač</i>        | zamjena člana |

**Datum obrane:** 8.12.2023.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Applied Chemistry and Ecology  
Subdepartment of Ecology and Toxicology  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Graduate program:** Process Engineering  
**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Water technology and wastewater treatment  
**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. X held on July 17, 2023.  
**Mentor:** *Mirna Habuda-Stanić*, PhD, Full Professor  
**Technical assistance:** *Dajana Petrina*, mag. ekon. in posl. ved.

### The Quality of Water in Natural Swimming Pool of the City of Čazma

*Maja Trulec*, 0113143964

**Summary:** In recent times, more so-called biological pools are built whose pool water preparation technology includes a combination of mechanical filtration and the use of plants that remove organic pollution from the pool water. Due to the attractive and natural appearance, without the use of chemicals in water purification technology, the number of publicly available biological swimming pools is increasing. Because of the absence of disinfectants in water treatment, the health risk for users in biological pools is somewhat greater when it comes to bacteria that are removed by disinfectants in conventional pools. This paper analyzes the microbiological quality of bathing water in the biological pool of the town of Čazma, the first public pool that uses natural water purification methods in the Republic of Croatia. Water quality is determined by monitoring physico-chemical and microbiological indicators, determined by the Regulation on sanitary-technical and hygienic conditions of swimming pools and on the healthiness of swimming pool waters (NN 59/2020).

**Key words:** biological pool, microbiological quality of water, physico-chemical parameters, health safety of bathing water

**Thesis contains:** 44 pages  
19 figures  
4 tables  
24 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. Dajana Gašo-Sokač, PhD, Full Professor    | chair person |
| 2. Mirna Habuda-Stanić, PhD, Full Professor  | supervisor   |
| 3. Valentina Bušić, PhD, Assistant Professor | member       |
| 4. Tihomir Kovač, PhD, Assistant Professor   | stand-in     |

**Defense date:** December 8, 2023

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology  
Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

*Zahvaljujem mentorici prof. dr. sc. Mirna Habuda-Stanić na ukazanom povjerenju, strpljenju i pomoći pri izradi diplomskog rada, kao i svim profesorima Prehrambeno-tehnološkog fakulteta na znanju prenesenom tijekom studiranja. Hvala gospođi Dajani Petrini, mag. ekon. in posl. ved. na pomoći i prilici da diplomski rad izradim na ovoj zanimljivoj temi, djelatnicima Zavoda za javno zdravstvo Bjelovarsko-bilogorske županije i AquaChema. Posebna zahvala za moje prijatelje (d.b.o.), cimerice i kolege koji su sa mnom dijelili lijepe i tužne trenutke na fakultetu i izvan njega, koji su mi uljepšali studentske dane i bili mi podrška kada god je bilo potrebno.*

*Najveće hvala mojoj obitelji, na svemu!*

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	4
2.1. BIOLOŠKI BAZENI .....	5
2.1.1. Problematika vode bioloških bazena .....	6
2.1.2. Načini pročišćavanja vode bioloških bazena .....	7
2.2. BIOLOŠKI BAZEN U ČAZMI .....	8
2.2.1. Pravilnik o biološkim bazenima .....	9
2.2.2. Održavanje biološkog bazena.....	11
2.2.3. Tehnologija pročišćavanja vode .....	12
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	15
3.1. ZADATAK .....	16
3.2. MATERIJALI I METODE .....	16
3.2.1. Određivanje temperature .....	16
3.2.2. Određivanje zasićenosti kisikom .....	17
3.2.3. Određivanje pH vrijednosti .....	17
3.2.4. Određivanje električne vodljivosti .....	17
3.2.5. Određivanje ukupnog fosfora .....	18
3.2.6. Određivanje amonijeva iona .....	19
3.2.7. Određivanje boje .....	20
3.2.8. Određivanje broja kolonija na 36 °C .....	20
3.2.9. Metoda membranske filtracije.....	21
3.2.10. Određivanje i detekcija crijevnih enterokoka.....	22
3.2.11. Određivanje i detekcija <i>Pseudomonas Aeruginosa</i> .....	23
3.2.12. Određivanje i detekcija <i>Esherichia coli</i> .....	23
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	24
4.1. FIZIKALNA I FIZIKALNO-KEMIJSKA ANALIZA VODE BIOLOŠKOG BAZENA.....	25
4.2. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA VODE BIOLOŠKOG BAZENA .....	33
5. ZAKLJUČCI .....	37
6. LITERATURA .....	41

## Popis oznaka, kratica i simbola

HRN – Hrvatska norma

HRN EN – norma preuzeta iz europskog sustava za normiranje

ISO – Međunarodna organizacija za standardizaciju (*engl.* International Organization for Standardization)

MDK – maksimalno dozvoljena koncentracija prema zakonskim propisima

NN – Narodne Novine

DIN – Njemački institut za normiranje (*njem.* Deutsches Institut für Normung)

KMnO<sub>4</sub> – kalijev permanganat

TTC – trifeniltetrazolijev klorid

CFU – broj izraslih kolonija (*engl.* colony-forming unit)

## **1. UVOD**



Kupališta su uređena mjesta na kojima ljudi tijekom ljetnih mjeseci iskorištavaju vodu kao način zabave, osvježavanja ili rekreacije. Sva uređena javna kupališta, bilo da se radi o plažama na moru, uz rijeku, tradicionalne bazene na otvorenom ili zatvorenom, umjetna i prirodna jezera ili biološke bazene, moraju zadovoljavati fizikalne, fizikalno-kemijske i mikrobiološke kriterije kako bi opasnost po zdravlje korisnika kupališta bila svedena na minimum.

Uvjeti i kriteriji za ispravnost bazenske vode za kupanje propisani su Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020). Pravilnik je u 2020. godini promijenjen zbog otvaranja prvog biološkog bazena u Republici Hrvatskoj, budući da zdravstvena ispravnost ne može biti jednaka kao u slučaju kada se bazenska voda dezinficira nekim od dezinfekcijskih sredstava (kemikalijama), što je slučaj kod svih dosadašnjih javnih bazena, i onoj koja se pročišćava prirodnim putem.

Tradicionalni, konvencionalni bazeni u svojoj tehnologiji pročišćavanja i održavanja zdravstvene ispravnosti vode uobičajeno koriste kemijsku vrstu dezinfekcije. Prva i najrasprostranjenija metoda je dezinfekcija bazenske vode klorom, a koristi se radi sprječavanja prijenosa bolesti još od 1835., kada se primarno koristio za uklanjanje neugodnih mirisa. Klor se najčešće koristi u plinovitom obliku, a potom kao klorni dioksid, dok je najmanje zastupljena upotreba natrijevog hipoklorita. U svrhu kloriranja bazenske vode mogu se koristiti i izocijanurati (stabilizirani spojevi klora) i klordioksid koji se koriste kod stabilne pH vrijednosti vode. Plin koji učinkovito uništava bakterije, parazite i viruse je ozon, ali se ne dodaje u vodu direktno već kroz cirkulacijski sustav (Ćorić, 2022).

Problem dezinfekcijskih sredstava koje se upotrebljavaju za bazensku vodu je što reagiraju s organskom tvari i stvaraju nusprodukte dezinfekcije, kojih je danas identificirano više od 500 različitih među kojima su najčešće trihalometani, kloroform, bromodiklormetan i bromoform. Bolesti koje se povezuju sa stalnom izloženošću nusproduktima dezinfekcije su astma, rak mokraćnog mjehura i rak debelog crijeva, a klasificirani su kao kancerogeni, mutageni i teratogeni (Zhang i sur., 2003; Pándics i sur., 2018).

Uslijed navedenog, biološki bazeni postaju sve rasprostranjeniji jer u svojoj tehnologiji kondicioniranja vode ne koriste navedena dezinfekcijska sredstva, čime se rizik po zdravlje od

njihovih nusproizvoda eliminira. Pročišćavanje vode u ovom tipu bazena odvija se pomoću biljaka, mikroorganizama i biofilara.

Ipak, zbog nekorištenja dezinfekcijskih sredstava, biološki se bazeni susreću s problemom mikrobiološke ispravnosti vode, odnosno prisutnosti određenih bakterija koje se ne mogu u potpunosti ukloniti prirodnim putem. Fekalne bakterije (Enterokoki, koliformi, *Eschericia coli*) navode se kao najveći problem budući da mogu uzrokovati bolesti koje se prenose vodom poput gastroenteritisa (Samie, 2017). Navedene fekalne bakterije u bazensku vodu dospijevaju putem kupaca, namjerno ili nenamjerno, te od strane životinja, koje preko noći mogu doći koristiti vodu iz bazena (Casanovas-Massana i Blanch, 2013). Petterson i suradnici (2001) ističu važnosti kvantitativne procjene rizika bolesti koje se prenose vodom, a rizici su povezani s brojem kupaca koji u vodu unose crijevne patogene.

Bez obzira na navedeno, pravilnim i redovitim provođenjem analiza i praćenjem pokazatelja kvalitete vode, zdravstveni rizik za kupce je sveden na minimum. Na bilo kakvo odstupanje od maksimalno dozvoljenih koncentracija pojedinih pokazatelja mora se reagirati, a javnost i korisnici kupališta o istom moraju biti obaviješteni. Prema Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020), uprava bazenskog kupališta obavezna je objaviti rezultate analiza na oglasnoj ploči, uz naznake o ispravnosti vode: „bazenska voda je ispravna“, „bazenska voda je neispravna, ali podobna za kupanje“ ili „bazenska voda je neispravna i nepodobna je za kupanje“.

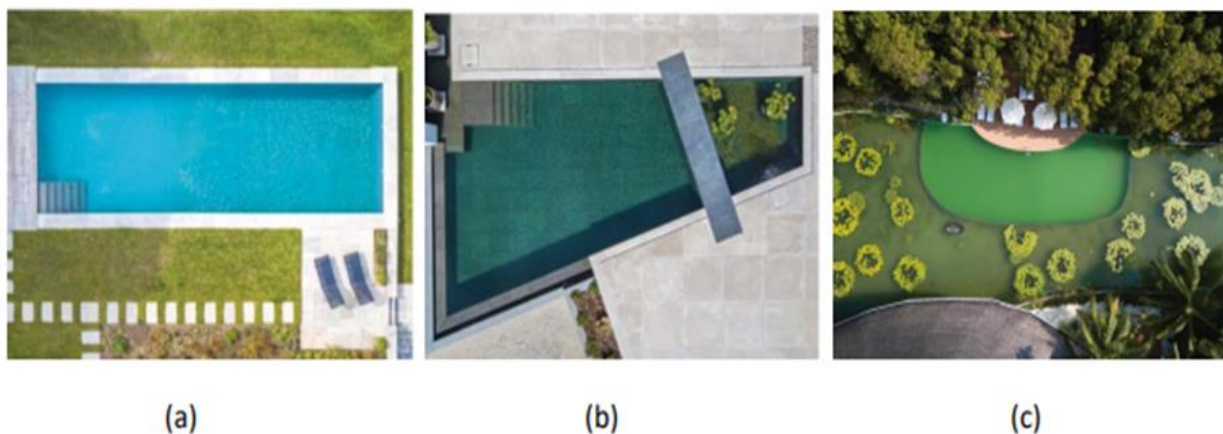
U nastavku ovog rada bit će dostupni rezultati laboratorijskih analiza biološkog bazena u gradu Čazmi, za vrijeme sezone kupanja 2023. godine.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. BIOLOŠKI BAZENI

Koncept bioloških bazena utemeljen je u Austriji 1970-ih godina, a u zadnjih desetak godina se zbog ekološke osviještenosti, sve češće spominju kao alternativa konvencionalnim bazenima za kupanje. Metoda pročišćavanja vode kombinirana je, mehaničkim putem preko rešetki za zadržavanje čvrstih tvari (plutajućih predmeta) i uređaja za filtraciju te djelovanjem prirodne vegetacije i mikroorganizama koji iskorištavaju organsku tvar (Gün i Ak 2022). Većina bazena ovog tipa su privatna, iako se povećava broj javno dostupnih bioloških kupališta, a nakon prvih u Austriji i Njemačkoj su se proširila gotovo cijelom Europom, a njihov broj danas premašuje 20 000 (Walczak i sur 2023).

Prema Gün i Aku (2022), postoje različiti tipovi bioloških bazena među kojima je glavna razlika provodi li se biološka filtracija biljkama ili bez njih (**Slika 1**), a dodatno postoje varijacije, ovisno je li zone regeneracije odvojena od kupališnog dijela bazena ili ne.



**Slika 1** Vrste bioloških bazena: a) filtracija bez biljaka b) područje regeneracije fizički odvojeno od kupališnog dijela, c) područje regeneracije u sklopu kupališnog dijela (Gün i Ak, 2022)

Pročišćavanje vode odvija se kombinacijom procesa sedimentacije, biljaka i mikrobne aktivnosti. Mikroorganizmi razgrađuju organske tvari biljnog ili životinjskog porijekla koje mogu biti prisutne u vodi, u anorganske hranjive tvari te ih otpuštaju u ekosustav. Da bi došlo do razgradnje, sami mikroorganizmi moraju iz okoliša dobiti dovoljnu količinu fosfora i dušika (Dold, 2008).

### 2.1.1. Problematika vode bioloških bazena

U konvencionalnim bazenima klor, koji se koristi u dezinfekciji, u reakciji s anorganskim i organskim sastojcima vode proizvodi nusprodukte dezinfekcije. Upravo navedeni nusprodukti nepovoljno utječu na korisnike bazena uzrokujući iritaciju očiju i kože, a zbog udisanja mogu izazvati i alergijsku astmu (Glauner i sur., 2005). Biološki bazeni u tehnologiji prerade vode koriste samo biološke procese pročišćavanja, pa se nuspojave klora prisutnog u vodi, mineralnih soli, organskih biocida ili ozona eliminiraju. U biološkim bazenima ne smije se koristiti kemijska obrada vode, niti UV zračenje budući da bi navedeni procesi mogli narušiti biološku aktivnost na kojoj se bazira pročišćavanje vode u bazenima (Kicher i sur., 2018).

Problem u kvaliteti vode najčešće se javlja zbog povećanih koncentracija hranjivih tvari, dušika i fosfora, koji potječu rast algi i cijanobakterija. Povećani rast algi i cijanobakterija uzrokovat će narušavanje mikrobiološke kvalitete, ali i smanjenu prozirnost vode koja je jedan od važnih fizikalnih pokazatelja kvalitete bazenske vode. Za održavanje zadovoljavajuće kvalitete vode za kupanje, treba odabrati ispravan dizajn bazena prilikom samog projektiranja. Zona regeneracije u odnosu na zonu za kupanje treba biti što veća jer većim volumenom i dubinom bazena, kvaliteta vode manje je podložna fluktuacijama, a ukoliko postoji potreba, može se dodati i određeni tehnološki stupanj prerade vode (Poloprutská i sur., 2021). Kircher i suradnici (2018) također navode važnost suzbijanja rasta algi tehnikom smanjenja koncentracija ugljika, fosfora i dušika na minimum.

Najveću mikrobiološku opasnost za kupaće predstavljala fekalna kontaminacija vode za kupanje. Ona može biti posljedica izravnog ispuštanja fekalija od strane kupaća ili neizravne kontaminacija od strane životinja. Čak i nefekalno izlučivanje kupaća (slina, sluz, mrtve stanice kože) može uzrokovati nepravilnosti mikrobiološke slike bioloških bazena u vidu pojave nefekalnih patogenih mikroorganizama (Casanovas-Massana i Blanch, 2013).

Fekalnu kontaminaciju u svom su radu istraživali Casanovas-Massana i Blanch (2013) na četiri privatna biološka bazena u sjeveroistočnom dijelu Španjolske. Budući da se radi o privatnim bazenima, broj kupaća je bio mali (2 - 4). Količina *Escherichia coli* (*E. coli*) zadovoljavala je mikrobiološke kriterije u 3 od 4 ispitana bazena, dok je broj enterokoka u 3 od 4 ispitana uzorka

premašio dozvoljene koncentracije te se smatra da voda nije bila sigurna za kupanje. Najveći dio detektiranih enterokoka povezuje se sa životinjskim izmetom. *Pseudomonas aeruginosa*, kao mikroorganizmi koji su općenito prisutni u vodi, biljkama i tlu, očekivano su bile prisutne u svim uzorcima, u preporučenim granicama.

### **2.1.2. Načini pročišćavanja vode bioloških bazena**

Obrada vode za kupanje može se provoditi na nekoliko načina. Kircher i suradnici (2018) navode četiri načina pročišćavanja vode, u ovisnosti o kretanju vode, tehnikama filtracije, pregradama i konstrukciji:

1. Hidrobotanički sustav – voda u bazenu nema protoka niti kretanja, gusto zasađena zona filtera čije pročišćavanje vrše biljke i planktoni,

2. Hidrobotanički sustav sa površinskim strujanjem – voda u bazenu struji kroz gusto zasađeni filtracijski sloj, a pročišćavanje vode odvija se pomoću biljaka i planktona,

3. Procijedeđeni zasađeni sloj filtera (tehnička močvara) u kombinaciji sa hidrobotaničkim sustavom – pročišćavanje vode odvija se pomoću supstrata, helofita i mikroorganizama koji se nalaze uz korijenje i stabljike biljaka,

4. Filter supstrata koji nakuplja biofilm – na površini filtera nalaze se mikroorganizmi koji stvaraju biofilm i filtriraju vodu, dok biljke služe samo kao ukras (tip koji se koristi u biološkom bazenu u Čazmi).

Uz navedene oblike filtera, mogući je dodatak i mehaničkih filtera (sita i prostirke) za poboljšanje procesa pročišćavanja vode.

#### *Odabir biljaka*

Za odabir vegetacije u regeneracijskom dijelu bioloških bazena u obzir se mora uzeti nekoliko faktora, od kojih se ističu:

- sposobnost uklanjanja hranjivih tvari
- niske potrebe za hranjivim tvarima
- kratko vrijeme potrebno za rast biljaka

- prilagodljivost klimatskim uvjetima
- dubina vode
- oblik biljke i dužina korijena
- estetski izgled (Gün i Ak, 2022).

Prema Doldu (2008) u prirodnim bazenima treba posaditi 10-20 biljaka, a sadnju treba prilagoditi dužini korijena koji se koristi kao referenca za dubinu. Tako se na dubini bazena od 8 do 10 cm sade primjerice rogoz (*Typha* spp), šašina (*Scirpus* spp), obična trska (*Phragmites* spp), okruglasti oštrik (*Cyperus* spp), strelica (*Sagittaria* spp), žabočun (*Alisma* spp) i patuljasta jezernica (*Eleocharis* spp). Za dubine bazena od 75 cm do 150 cm treba zasaditi vrste mrijesnjava (*Potamogeton* spp), voščike (*Ceratophyllum* spp), vodene kuge (*Elodea* spp) ili uvijuše (*Vallisneria* spp). Kako bi se osiguralo učinkovito pročišćavanje vode i što duži životni vijek biljaka, treba osigurati dovoljnu količinu tla, odgovarajuću vlagu, dubinu vode i razmak među biljkama.

## 2.2. BIOLOŠKI BAZEN U ČAZMI

Biološki bazen (**Slika 2**) u Čazmi otvoren je 2022. godine te je prvo javno biološko kupalište u Republici Hrvatskoj. Kupališni dio biobazena je nepravilnog oblika ukupne vodene površine 1194 m<sup>2</sup>, volumena vode 2520 m<sup>3</sup>, a sastoji se od dijela za neplivače maksimalne dubine od 1,35 m i dijela za plivače dubine od 3 m. Fizički su odvojena dva jezera pravilnog oblika u kojem se nalaze biljke. Uz bazen se nalaze i tri filter zone u koje se voda iz kupališnog dijela bazena ulijeva preko filtracijske rešetke, tzv. skimera.



Slika 2 Biološki bazen u Čazmi

### 2.2.1. Pravilnik o biološkim bazenima

Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) propisuje uvjete koje mora ispunjavati bazenska voda u svrhu osiguranja zdravlja korisnika, a određuje fizikalne, fizikalno-kemijske i mikrobiološke pokazatelje kvalitete vode za kupanje. Prema Pravilniku, biološki bazen je bazen u kojem se obrada vode odvija prirodnim biološkim putem u ekosustavu mikroorganizama, raslinja i autohtonih malih životinja. Kako u bazen ulaze kupači koji mogu narušiti biološku stabilnost, nužno je odrediti maksimalan broj posjetitelja dnevno kojeg se računa prema **jednadžbi (1)**:

$$N = \frac{V_1 + V_2}{10m^3} \quad (1)$$

gdje N označava dopušten broj posjetitelja dnevno, V1 volumen vode u kupališnom dijelu, a V2 volumen vode u dijelu za biološki tretman. 10 m<sup>3</sup> je najmanji ukupni volumen po posjetitelju na dnevnoj razini. U biološkom bazenu u Čazmi, maksimalan broj kupača dnevno je 252, dok u bazenu istovremeno može boraviti 20 % od maksimalnog broja kupača.

Uzorkovanje i analize vode biološkog bazena provodi se najmanje jednom tjedno. Budući da se radi o biološkom bazenu, jasno mora biti naznačena poruka kupačima „Voda u bazenu nije dezinficirana. U vodi mogu biti prisutni mikroorganizmi koji predstavljaju rizik od prijenosa zaraznih bolesti“. U **Tablici 1**, prema navedenom Pravilniku, vidljive su granične vrijednosti za odabrane mikrobiološke i fizikalno–kemijske pokazatelje kvalitete vode za kupanje.



**Tablica 1** Uvjeti za bazensku vodu u biološkim bazenima prema Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020)

POKAZATELJ	MJERNA JEDINICA	VRIJEDNOST	
		min.	max.
<b>MIKROBIOLOŠKI</b>			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	cfu/100 ml		10 (Napomena 1)
<i>Escherichia coli</i>	cfu/100 ml		100
<i>Legionella spp.</i>	cfu/100 ml		10 (Napomena 2)
<i>Staphylococcus aureus</i>	cfu/100 ml		100 (Napomena 3)
Broj kolonija pri (36±2)°C/(44±4) h	cfu/ml		500
Enterokoki	cfu/100 ml		50
<i>Salmonella</i>	cfu/1000 ml		0 (Napomena 4)
<b>FIZIKALNO-KEMIJSKI</b>			
Boja			Prihvatljivo za korisnike i bez neuobičajenih promjena
Amonij	mg/L		0,3
Koncentracija vodikovih iona	pH jedinica	6	8,5 (Napomena 5)
Prozirnost (Secci)	m	2	
Zasićenost kisikom	%		Min. 80%
Mineralna ulja (Napomena 6)			n.n. (Napomena 7)
Električna vodljivost (pri 20 °C)	µS/cm	200	1000
Ukupni fosfor	µg/L		20
Temperatura (Napomena 6)	°C		26 (Napomena 8)
Tenzidi (pjena na površini) (Napomena 9)			n.n. (Napomena 7)
Čvrste tvari (Napomena 9)			n.n. (Napomena 7)

Napomene u prikazanoj tablici odnose se na sljedeće specifičnosti:

- napomena 1 - odnosi se na ispitivanje kada voda bazena prolazi kod filter,
- napomena 2 - analiza se provodi prije početka rada bazena,
- napomena 3 - određuje se jednom mjesečno
- napomena 4 - odnosi na područja gdje su prisutne ptice vodarice
- napomena 5 - pH vrijednost može iznimno kretati do 9
- napomena 6 - određuju se na terenu
- napomena 7 - n.n. označava da navedeni pokazatelj nije pronađen
- napomena 8 - odnosi se na temperaturu, koja iznimno može biti viša za vrijeme trajanja vala vrućina
- napomena 9 - opažanja na terenu vidljiva prilikom uzorkovanja.

Ispravak Pravilnika iz 2022. godine (NN 89/2022) navodi kako je granica minimalne prozirnost (Secci) 2 m, a ne maksimalna kako je navedeno u Pravilniku iz 2020. godine (NN 59/2020).

### **2.2.2. Održavanje biološkog bazena**

Punjenje bazena provodi se jednom godišnje, prije sezone kupanja, vodom iz vodovoda. Analiza ulazne vode provodi se prije i sredinom sezone kupanja. Od fizikalno-kemijskih pokazatelja određuje se mutnoća, boja, miris, okus, pH, elektrovodljivost, utrošak  $\text{KMnO}_4$ , kloridi, nitrati, nitriti, amonij i ukupni fosfor. Mikrobiološki pokazatelji ispravnosti ulazne vode su broj kolonija na 36 i 22 °C, *Esherichia coli*, ukupni koliformi i enterokoki.

Kako bi se održao potrebn nivo vode, nivo sklopkama osiguran je automatski sustav punjenja vode (koja se gubi ishlapljivanjem, iznošenjem na tijelima kupaca), a funkcionira na način da donja nivo sklopka daje signal za otvaranje ventila nadopunjavanja, a gornja nivo sklopka daje signal za njegovo zatvaranje. Pranje filtera potrebno je obaviti dva puta godišnje, prije puštanja u rad i nakon sezone kupanja, a pranje se provodi cirkulacijskom crpkom u smjeru filtracije (voda od pranja se ispušta u sustav odvodnje). Prilikom kupanja u biobazenu dolazi do konstantnog onečišćenja vode. Najveći dio nečistoća zadržava se na površini vode, dok veće i teže nečistoće padaju na dno bazena. Zbog toga se svaki dan provodi mehaničko čišćenje bazena mrežicama za

sakupljanje većih plutajućih nečistoća, četkama za čišćenje zidnih dijelova biobazena te automatskim čistačem za uklanjanje nečistoća sa dna bazena.

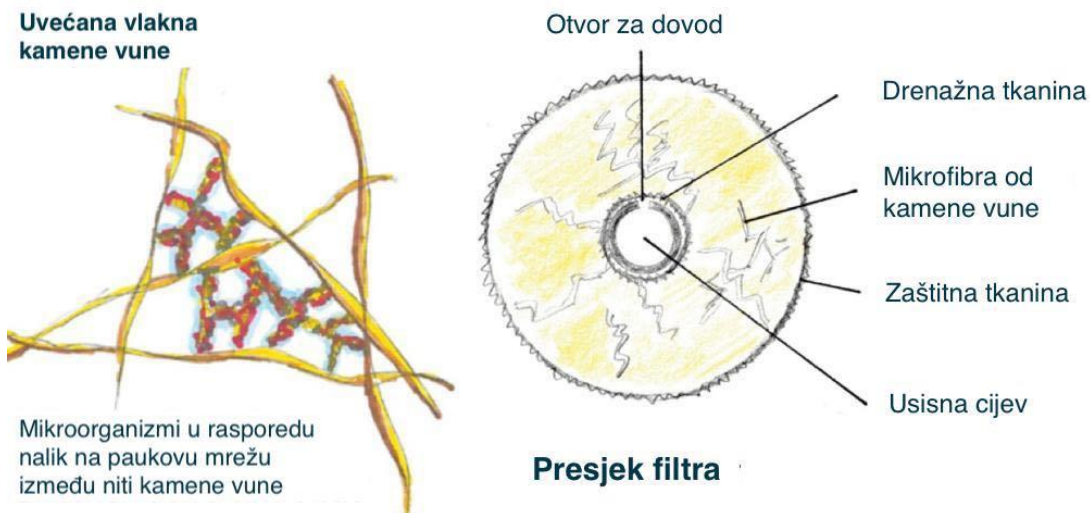
### 2.2.3. Tehnologija pročišćavanja vode

Osim spomenutog dnevnog mehaničkog čišćenja biobazena koji obavljaju zaposlenici istog, voda konstantno cirkulira te se provodi njeno pročišćavanje. Kako se najveći dio nečistoća nalazi na samoj površini bazena, površinska voda se preko rešetke za zadržavanje plutajućih predmeta (**Slika 3a**) ulijeva u filtracijsku zonu.



**Slika 3** Biološki bazen grada Čazme: a) filtracijska rešetka b) filtracijska zona

Filtracijska zona (**Slika 3b**) sastoji se od dolomita različite granulacije. Iz filter zone vodu usisava filterna crpka. Voda prolazi kroz biofilter (**Slika 4**) sa specijalnom filtracijskom vunom, na koju su nacičepljeni mikroorganizmi koji tvore biofilm. Protokom vode kroz filter mikroorganizmi unutar filtera za svoj razvoj troše hranjive tvari i kisik iz vode.

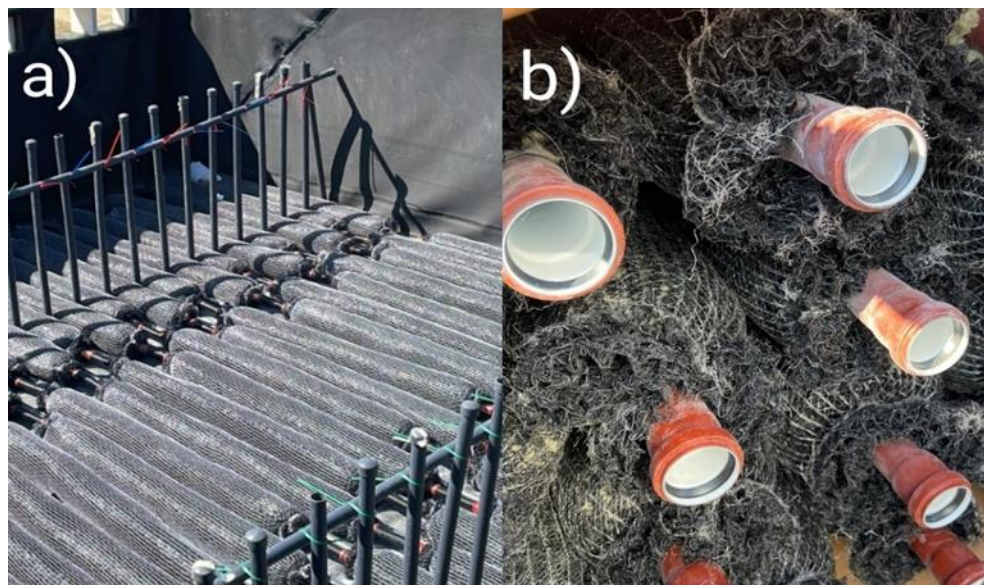


**Slika 4** Uvećana vlakna kamene vune i presjek filtera (AquaChem, 2020)

Filtar koji se koristi u bazenu u Čazmi je 648x biofilter promjera 250 mm kapaciteta  $1,3 \text{ m}^3/\text{h} = Q_{UK}$  =  $648 \text{ m}^3/\text{h}$  (**Slika 5**). Vrijeme izmjene vode je 3 sata i 54 minute izračunato prema **jednadžbi 2**:

$$T = \frac{V}{Q} \text{ (2)}$$

u kojoj V označava ukupni volumen vode, a Q radni kapacitet filtriranja vode.



**Slika 5** Biološki bazen grada Čazme: a) postavljanje biofiltera u biološkom bazenu u Čazmi b) biofilter (AquaChem, 2020)

Nakon potoka kroz filter, voda se tlačnim cjevovodom ubacuje u bazen preko vodopada koji su postavljeni na zid suprotan rešetkama kroz koje voda ulazi u filtracijsku zonu, kako bi se osigurala cirkulacija vode u bazenu (AquaChem, 2020).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak diplomskog rada opisati tehnologiju pripreme vode bioloških bazena grada Čazme te uzorkovanjem i analizama utvrditi kvalitetu i zdravstvenu ispravnost vode. Kvaliteta vode odredit će se praćenjem fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja. Analize se provode u Zavodu za javno zdravstvo Bjelovarsko-bilogorske županije za vrijeme kupališne sezone koja je u 2023. godini trajala od 16. lipnja do 1. rujna 2023. godine. Uzorkovanja i analize vode bioloških bazena grada Čazme provodile su se svakog petka u razdoblju od 16. lipnja do 25. kolovoza 2023. godine.

### 3.2. MATERIJALI I METODE

Uzorak za analizu vode biološkog bazena u Čazmi uzima se svaki tjedan, na području najveće dubine bazena od 3 metra, u staklenu i polietilensku bocu koja se transportira do laboratorija u prijenosnom hladnjaku, a uzorkovanje se provodi prema HRN EN ISO 19458:2008 *Kakvoća vode – Uzorkovanje za mikrobiološku analizu*.

Prilikom uzorkovanja, na terenu se vizualno određuje prozirnost, čvrste tvari, tenzidi (pjena na površini) i mineralna ulja.

Elektrokemijskim putem na terenu se mjeri zasićenje kisikom i temperatura digitalnim termometrom. Od fizikalno-kemijskih pokazatelja određuju se boja, pH, električna vodljivost, amonij i ukupni fosfor. Od mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode, membranskim filtracijom se određuje koncentracija *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, Enterokoka i *Pseudomonas aeruginosa*, dok se ukupni broj kolonija određuje na 36 °C.

#### 3.2.1. Određivanje temperature

Mjerenje temperature vode provodi se digitalnim termometrom tako što se uroni direktno u bazensku vodu prilikom uzorkovanja, na površini iznad najveće dubine bazena, a rezultat se očitava i izražava u °C. Provodi se prema metodi Standard Methods 23rd Ed, SM 2550 B DIN 38404 T-4, a definirana je Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020).

### 3.2.2. Određivanje zasićenosti kisikom

Mjerenje zasićenja kisikom provodi se na terenu, direktnim uranjanjem sonde u bazen. Uređaj za mjerenje je HACH LANGE HQ30D sa postavljenom kisikovom elektrodom, koja je ujedno opremljena i sa dužim kabelom kako bi se mogle dohvatiti tražene dubine za očitavanje mjerenja, jer je potrebno uroniti elektrodu na najveću dubinu. Uređaj mjeri količinu kisika u mg/L, temperaturu, postotak zasićenosti kisikom i tlak istovremeno.

### 3.2.3. Određivanje pH vrijednosti

Metoda određivanja pH vrijednosti u skladu je sa zahtjevima norme HRN EN ISO 10523:2012. pH je mjera aktiviteta vodikovih iona u otopini čija se vrijednost kreće od 0 do 14, a vrijednost se izražava na jednu decimalu uz temperaturu uzorka na kojoj je provedeno mjerenje. Naznaka temperature je bitna jer ona utječe na koncentraciju disociranih vodikovih iona, odnosno ima utjecaj na konačnu pH vrijednost.

Za određivanje pH vrijednosti koristi se pH-metar koji mjeri razliku potencijala elektrokemijske ćelije. Nakon kalibracije elektrode s tri certificirana pufera pH vrijednosti 4, 7 i 10, elektroda se ispere deioniziranom vodom. pH uzorka određuje se direktno iz boce za uzorkovanje. Mjerenje se provodi kombiniranom elektrodom pH C101-01 (kombinirana, s ugrađenim temperaturnim senzorom) spojenom na pH-metar HACH LANGE HQ30D. pH je moguće mjeriti u rasponu od 2 do 14 s radnom temperaturom 0 – 50 °C.

### 3.2.4. Određivanje električne vodljivosti

Mjerenje električne vodljivosti usklađeno je s normom HRN EN 27888:2008, a provodi se u svrhu praćenja kvalitete u svim tipovima vode. Električna vodljivost je mjera struje koju provode ioni u vodi, a ovisi o njihovoj prirodi i koncentraciji, kao i o temperaturi vode i viskoznosti. Prema normi, određivanje električne vodljivosti se provodi na 25 °C. Kalibracija uređaja provodi se na navedenoj temperaturi u skladu s uputama proizvođača. Pogreške kod mjerenja mogu uzrokovati izmjena plinova između uzorka i ugljikovog dioksida, amonijaka iz zraka te biološka aktivnost, pa je bitno mjerenje odraditi u što kraćem roku od uzorkovanja.

Za mjerenje električne vodljivosti koristi se konduktometar HACH LANGE Q30D, čija se elektroda direktno uranja u polietilensku bocu do vrha napunjenu uzorkom, kako bi došlo do što manjeg i



kraćeg kontakta zraka i uzorka zbog spomenute izmjene plinova. Mjerena temperatura i električne vodljivost uzorka očita se s uređaja nakon što se vrijednost ustali, elektroda se ispere deionizirajućom vodom, osuši i pospremi. Rezultat se iskazuje u  $\mu\text{S}/\text{m}$ , kako propisuje norma HRN EN 27888:2008.

### 3.2.5. Određivanje ukupnog fosfora

Ukupni fosfor određuje se spektrofotometrijskom metodom s amonijevim molibdatom na valnoj duljini od 880 nm, a odvija se u skladu sa zahtjevima norme HRN EN ISO 6878 *Kakvoća vode – Određivanje fosfora*. U kiseloj otopiti fosfatni ioni reagiraju s ionima antimona i molibdata pri čemu nastaje antimonil-fosfomolibdat kompleks kojeg askorbinska kiselina reducira u fosfomolibden plavog obojenja. Mjerenjem apsorbancije određuje se koncentracija ortofosfata.

Testni uzorak sadrži 1 ml sumporne kiseline na 100 ml nefiltriranog uzorka, sa pH oko 1 koji se prilagođava natrijevim hidroksidom ili sumpornom kiselinom. U Erlenmayerovu tikvicu od 100 ml odpipetira se 40 ml testnog uzorka, nakon čega se dodaje 4 ml otopine kalijevog peroksodisulfata. Slijedi kuhanje od tridesetak minuta, prilikom čega je bitno održavati volumen na 25 – 35 ml. Nakon hlađenja, potrebno je prilagoditi pH između 3 i 10, a potom se uzorak prebacuje u odmjernu tikvicu od 50 ml, dodaje se 1 ml askorbinske kiseline uz miješanje i 2 ml kisele otopine molibdata. Odmjerna tikvica se do oznake puni vodom i promiješa. Apsorbancija uzorka i slijepe probe (voda) mjeri se na 880 nm, najranije 10 minuta nakon reakcije, uređajem Hach Lange DR 5000 (Slika 6).



**Slika 6** Spektrofotometar, Hach Lange DR 5000

### **3.2.6. Određivanje amonijeva iona**

Određivanje otopljenih kationa u vodi (natrija, amonijevog iona, kalija, magnezija i kalcija) odvija se metodom ionske kromatografije koja se bazira na separaciji pojedinih iona iz tekućih uzoraka i onih koji se mogu prevesti u to stanje. Mobilna faza je tekućina dok je ionski izmjenjivač (kolona) stacionarna faza. Kationski odjeljak je termostatiran na 40 °C, a tlak stabilan kako bi separacija bila što uspješnija. Metoda je usklađena sa zahtjevima norme HRN EN ISO 14911:2001.

Uzorak se filtrira kroz membranski filter veličine pora 45 µm sa sterilnom špricom. Razlog korištenja sterilne šprice je sprječavanje apsorpcije kationa ili njihova konverzija zbog porasta broja bakterija. Prvi dio filtriranog uzorka se baca kako bi se spriječila kontaminacija. Filtrirani uzorak puni se u kivetu koja se više puta ispere uzorkom. Kivete se stavljaju u košaricu autosamplera, a košarica u korišteni DIONEX ICS 3000 kromatograf. Koncentracija amonijevog iona i drugih kationa izražava se u mg/l. Za izradu kalibracijske krivulje koriste se certificirane standardne otopine namijenjene za ionsku kromatografiju, a kalibracija se odvija u 9-10 točaka različitih koncentracija. Konačna koncentracija amonija dobije se proračunom preko površine pika i jednadžbe kvadratne funkcije.

### 3.2.7. Određivanje boje

Određivanje boje vode provodi se prema metodi Standard Methods 23rd Edition – metoda 2120 C: *Spektrofotometrijska metoda na jednoj valnoj duljini*. Mjerenje se provodi na 455 nm jer se stvarna boja žuto-smeđe obojenih voda mjeri na navedenoj valnoj duljini. Stvarna boja vode je ona koja nastaje zbog otopljenih tvari u istoj, a prava boja je ona koja zaostaje nakon uklanjanja suspendiranih tvari.

pH vrijednost uzorka potrebna za pravilno određivanje treba biti između 4 i 10, što je određeno normom HRN EN ISO 10523. Uzorak se profiltrira plastičnom špricom, preko membranskog filtera u plastičnu bocu od 100 ml sa čepom, kako bi se izbjegle oksidacijske reakcije željeza i mangana prilikom kontakta sa zrakom. Najprije se dio uzorka odbaci kako bi se isprao filter. Za slijepu probu koristi se optički čista voda razreda 1, koja također mora biti profiltrirana kroz membranski filter veličine pora 0,45 µm. Nakon pripreme uzorka, na spektrofotometru Hach Lange DR 5000 odabire se program broj 120 „Boja 455 nm“ i očitani rezultat se izrazi u Pt/Co jedinicama.

### 3.2.8. Određivanje broja kolonija na 36 °C

Određivanje nastalih kolonija na 36 °C provodi se sukladno metodi HRN EN ISO 6222: *Kakvoća vode – Brojenje uzgojenih mikroorganizma – Broj kolonija nacjepljivanjem na hranjivi agar, a koristi se za analizu svih tipova vode*. Hranjivi agar koji se koristi mora sadržavati kvasac. Za određivanje ukupnog broja mikroorganizama koji se u vodi nalaze koristi se „pour plate“ tehnika, a broje se mikroorganizmi koji formiraju kolonije na 36 °C.

Sterilnom pipetom 1 ml uzorka prenese se na sterilnu plastičnu ploču, dodaje se 15 – 20 ml agara, lagano se promiješa i ostavlja se da se agar ohladi i stvrdne. Ploče se inkubiraju na temperaturi od  $36 \pm 2$  °C, tijekom  $44 \pm 4$  sata. Nakon inkubacije, prebroje se nastale kolonije (**Slika 7**), a rezultat se izražava kao cfu/ml.



**Slika 7** Broj nastalih kolonija na 36 °C

### **3.2.9. Metoda membranske filtracije**

Aparatura za membransku filtraciju (**Slika 8**) sastoji se od lijevaka spojenih na vakuum pumpu. Membranska filtracija se koristi za određivanje Enterokoka, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli*. Postupak membranske filtracije za određivanje svih mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode je isti. Metoda se temelji na filtraciji 100 ml uzorka preko sterilnih lijevaka. Na prozirne diskove baze filtera sterilnom se pincetom postavi sterilna membrana mrežastim dijelom okrenutom prema gore. U lijevak se ulije uzorak, otvori se pipac za vakuum i filtrira se preko postavljene membrane. Nakon filtracije, zatvori se vakuum te se membranski filter prenese na Petrijevu ploču s odgovarajućim agarom. Agar treba biti suh, a pri prenošenju membranskog filtera na njega, potrebno je pripaziti da se ne stvore mjehurići zraka. Uzorci u Petrijevim pločama se prekriju poklopcem te se inkubiraju na određenoj temperaturi u određenom vremenskom periodu, u ovisnosti što se određuje. Rezultat se izražava kao broj jedinica koji formiraju koloniju u 100 ml uzorka (cfu/100ml).



**Slika 8** Uređaj za membransku filtraciju Zavoda za javno zdravstvo Bjelovarsko-bilogorske županije

### 3.2.10. Određivanje i detekcija crijevnih enterokoka

Jedan od indikatora fekalnog zagađenja vode je broj enterokoka. Određivanje se provodi na temelju metode HRN EN ISO 7899-2 *Kakvoća vode – Detekcija i brojanje crijevnih enterokoka – 2.dio: Metoda membranske filtracije.*

Enterokoki su gram-pozitivne bakterije koje reduciraju trifeniltetrazolijev klorid (TTC) u crveni formazan pri čemu se pojavljuju crvene, smeđe ili ružičaste kolonije na podlozi.

Na ploču sa Slantez Bartley agarom prenosi se membranski filter, zatvori se poklopcem, a uzorak se inkubira na temperaturi  $37 \pm 1$  °C u trajanju od  $44 \pm 4$  sata. Kolonije konveksnog oblika koje su poprimile crvenu, smeđu ili ružičastu boju se smatraju pretpostavljenim enterokokima. Kako bi se isto i potvrdilo, filter membrana se prenosi na tzv. eskulin agar i inkubira na  $44 \pm 0,5$  °C tijekom 4 sata. Hidrolizom eskulina, oko kolonija nastaje smeđi ili crni prsten te se taj broj odnosi na broj potvrđenih enterokoka.

### 3.2.11. Određivanje i detekcija *Pseudomonas Aeruginosa*

*Pseudomonas Aeruginosa* su bakterije koje mogu rasti u vodama sa niskom koncentracijom hranjivih tvari, ali ne smije biti prisutna u vodi za ljudsku potrošnju. U prirodi se najčešće nalaze na biljkama i u tlu. Rastu na selektivnim podlogama koje sadrže cetrimid i proizvode piocijanin. Metoda je u skladu sa normom HRN EN ISO 16266 *Kakvoća vode – Detekcija i brojanje Pseudomonas Aeruginosa – Metoda membranske filtracije*. U cilju povećanja pigmentacije, čvrsta podloga za izolaciju bakterija sadrži magnezijev klorid i kalijev sulfat, a postaje selektivna dodatkom cetil trimetilamonijevog bromida i naldiksične kiseline.

Nakon membranske filtracije uzorka i prenošenja membranskog filtera na podlogu sa CN *Pseudomonas* agarom, isti se inkubira na temperaturi  $37 \pm 1$  °C od 24 do 48 sati. Prebroje se sve izolirane kolonije zelene i zeleno-plave boje, koje potvrđuju prisutnost navedene bakterije, a budući da se radi o oksidaza pozitivnim bakterijama, može se provoditi potvrđni test oksidazom. Bakterija *Pseudomonas Aeruginosa* fluorescira pod UV svjetlom pa se ploča dodatno pregleda pod UV lampom i sve kolonije koje fluoresciraju se moraju pribrojiti u broj pretpostavljenih *Pseudomonas Aeruginosa*.

### 3.2.12. Određivanje i detekcija *Escherichia coli*

*Escherichia coli* indikator je fekalnog zagađenja koji predstavlja rizik za ljudsko zdravlje. Ubraja se u skupinu oksidaza-negativnih bakterija koje iz laktoze stvaraju kiselinu. *E. coli* pripada porodici *Enterobacteriaceae*. *Escherichia coli* određena je u skladu s metodom HRN EN ISO 9308-1 *Kakvoća vode – Detekcija i brojanje Escherichia coli i koliformnih bakterija – Metoda membranske filtracije za vode s niskom pozadinom bakterijske flore*.

Membranski filter papir nakon odrađene filtracije uzorka prenese se na Petrijevu ploču sa TTC Tergitol 7 agarom koje se zatvore poklopcem i inkubiraju na temperaturi od 44 °C tijekom 24 sata. Hranjiva podloga mijenja boju u žutu zbog fermentacije laktoze i nastanka kiseline koja mijenja pH. Stvorene žuto narančaste kolonije se smatraju pretpostavljenom *E. coli*, a potvrđuju se presađivanjem na dvostruki Kliglerov šećer, citrat i PCA agar na 37 °C, a triptofan i McConkey bujon na 44 °C.

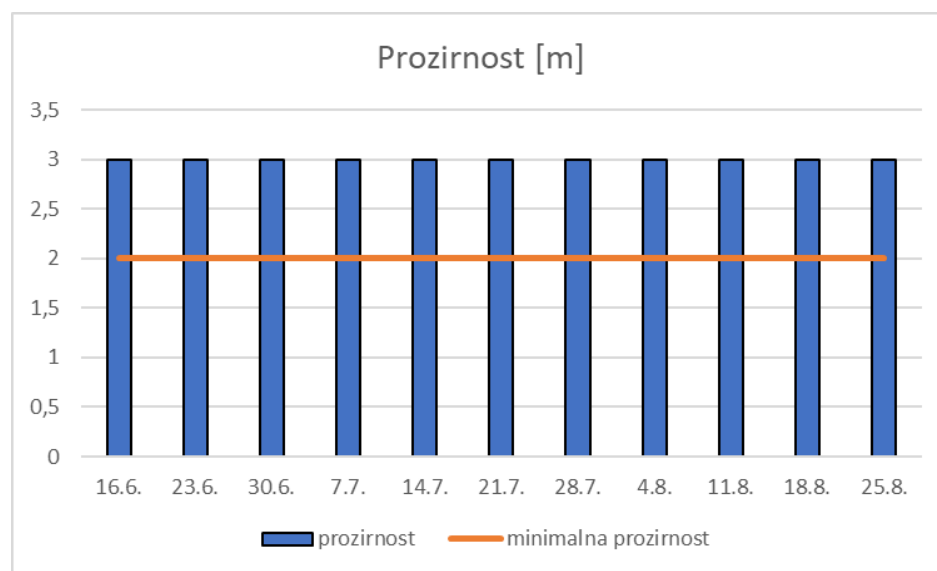
## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

#### 4.1. FIZIKALNA I FIZIKALNO-KEMIJSKA ANALIZA VODE BIOLOŠKOG BAZENA

##### *Prozirnost*

Prozirnost vode utvrđuje se na terenu, vizualnim opažanjem. Kako je najveća dubina bazena 3 m, ukoliko zrake svjetlosti prodiru do dna i isto se vidi, može se zaključiti da je prozirnost maksimalna. Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) definirana je minimalna prozirnost od 2 m.

Iz grafičkog prikaza na **Slici 9** vidljivo je da su sve izmjerene vrijednosti bile u skladu sa Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020).



**Slika 9** Prozirnost vode u biološkim bazenima grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

##### *Miris, čvrste tvari, tenzidi i mineralna ulja*

U **Tablici 2** prikazani su rezultati analiza vode biološkog bazena koji se određuju senzorskim analizama i vizualnim zapažanjem. Prilikom uzorkovanja, svi terenski pokazatelji kvalitete vode bili su u skladu s Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020-1186).

Prema spomenutom Pravilniku, miris vode bazena treba biti prihvatljiv za korisnike i bez neuobičajenih promjena, a iz rezultata je vidljivo da je voda bez specifičnog mirisa.



Čvrste tvari odnose se na plivajuće predmete, otpatke i smeće ostavljenih od strane kupača ili na travu, trsku, lišće i slično, koje u vodu može biti doneseno vjetrom. Kako se većina spomenutih tvari najčešće zadržava na površini, lako se mogu odstraniti pomoću mrežica. Prema rezultatima analiza, čvrste tvari nisu pronađene što se može pripisati dobrom mehaničkom čišćenju bazena.

Tenzidi, odnosno pjena na površini vode, kao i mineralna ulja na površini nisu pronađena niti u jednom od uzoraka te su rezultati u pogledu navedenog parametra bili skladu sa navedenim Pravilnikom (NN 59/2020).

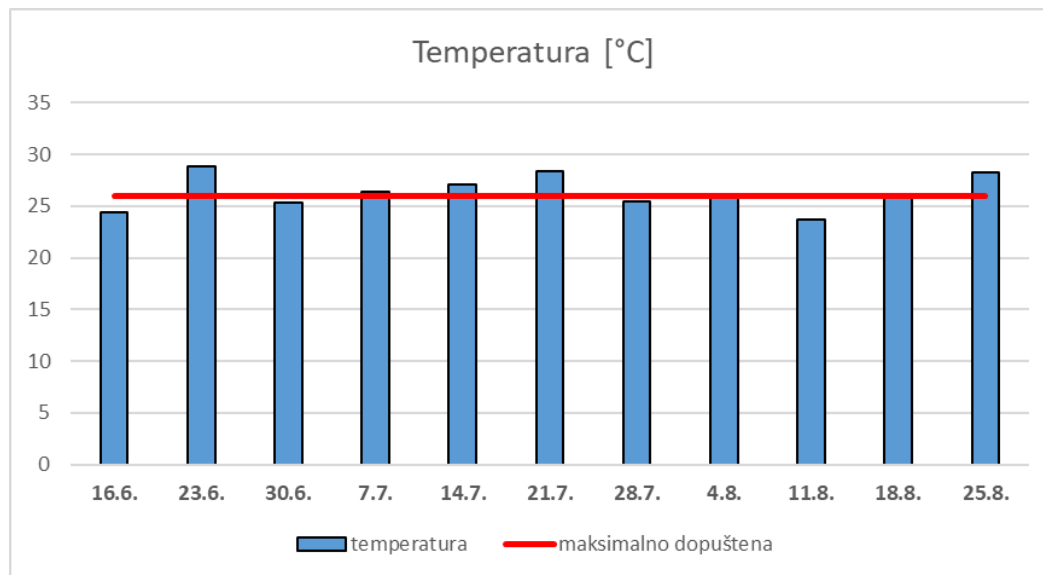
**Tablica 2** Rezultati kvalitete vode određeni senzorskim analizama vode bioloških bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

DATUM	miris	čvrste tvari	tenzidi	mineralna ulja
16.6.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
23.6.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
30.6.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
7.7.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
14.7.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
21.7.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
28.7.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
4.8.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
11.8.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
18.8.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno
25.8.2023.	bez mirisa	nije pronađeno	nije pronađeno	nije pronađeno

### *Temperatura*

Na **Slici 10** grafički su prikazani rezultati mjerenja temperature. Budući da u biološkom bazenu nije predviđeno niti grijanje niti hlađenje vode, temperatura vode najvećim dijelom ovisi o temperaturi zraka, ali i o količini dodane vode tijekom dana. Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim

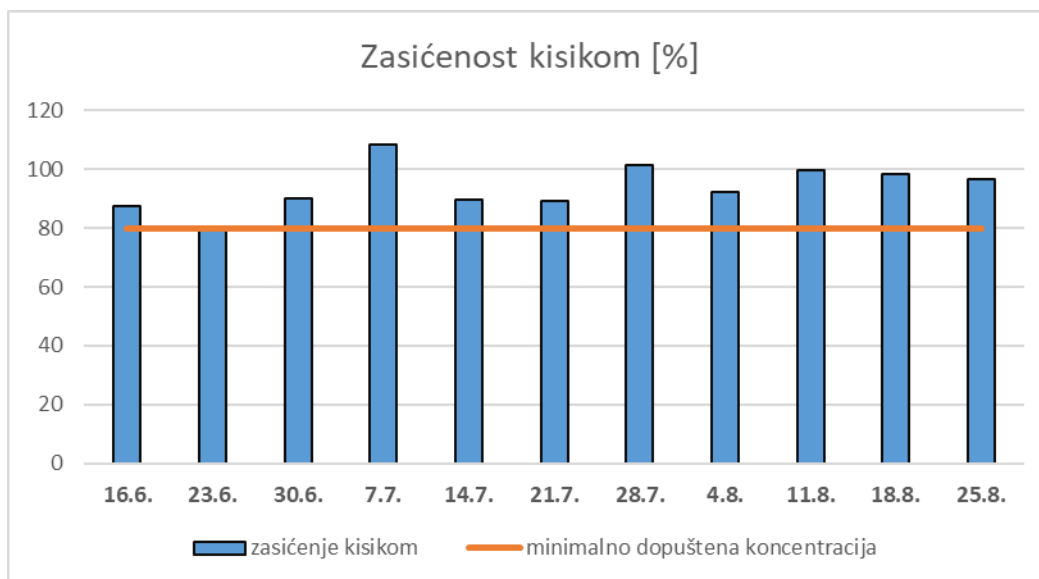
uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) maksimalna dozvoljena temperatura iznosi 26 °C. Ta vrijednost prekoračena je 5 puta tijekom sezone, no bez obzira na navedeno, rezultati zadovoljavaju uvjete Pravilnika jer u istom stoji kako za vrijeme trajanja vala vrućina, vrijednost temperature može biti veća. Minimalna izmjerena temperatura vode bila je 11.8.2023. i iznosila 23,7 °C, dok je maksimalna bila 28,8 °C izmjerena 23.6.2023. godine.



**Slika 10** Temperatura vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *Zasićenost kisikom*

Kako bi vrijednosti zasićenosti kisikom bile u skladu s Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020), vrijednost mora biti minimalno 80 %. Iz grafičkog prikaza na **Slici 11** vidljivo je kako su svi rezultati za vrijeme sezone kupanja u 2023. godini bili zadovoljavajući i u skladu sa zahtjevima navedenog Pravilnika. Minimalno dozvoljena koncentracija kisika zabilježena je na početku sezone 23.6.2023. godine. Istog dana izmjerena je i najveća temperatura vode što je imalo utjecaj na rezultat budući da su vrijednosti obrnuto proporcionalne, odnosno, porastom temperature smanjuje se koncentracija otopljenog kisika u vodi. Molekule kisika brže kreću pri većim temperaturama što dovodi do njihova oslobađanja u zrak. Ostale dobivene vrijednosti zasićenosti kisikom kretale su se i do 108,7 %.

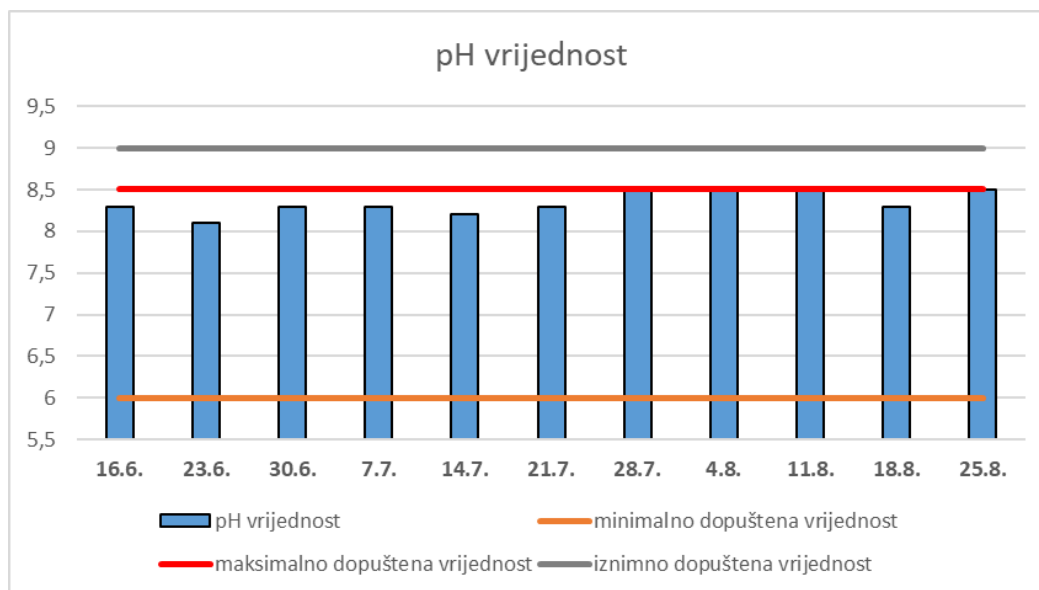


**Slika 11** Zasićenje kisikom uzoraka vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *pH vrijednost*

Minimalna pH vrijednost propisana Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) u biološkim bazenima iznosi 6, maksimalna vrijednost 8,5 uz iznimno dopuštenu vrijednost do 9. Svi analizirani uzorci vode bili su u skladu sa navedenim graničnim vrijednostima (**Slika 12**).

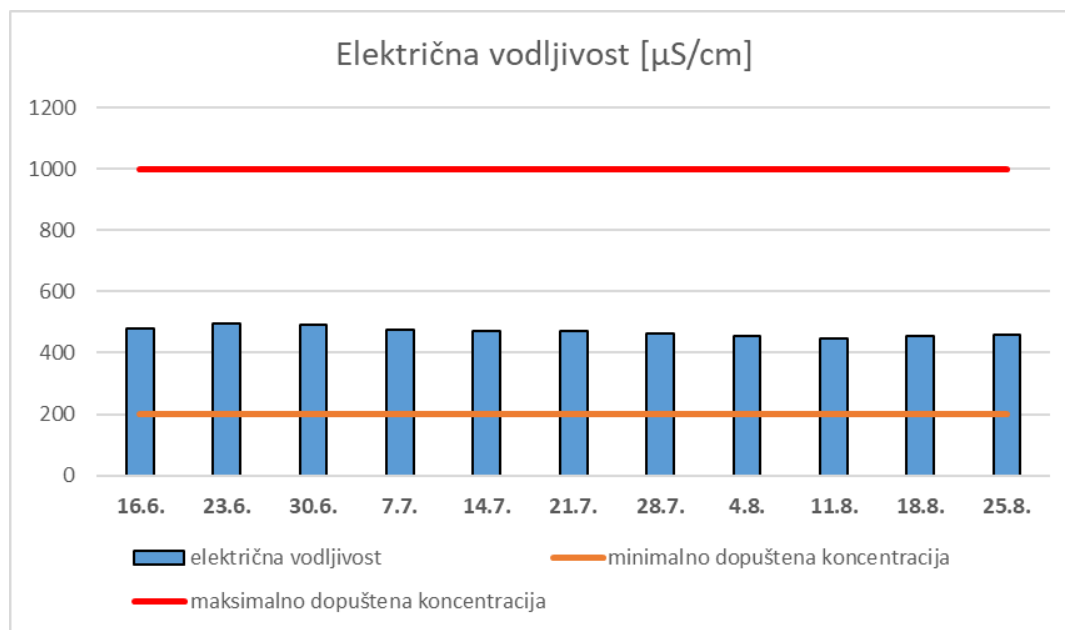
pH vrijednosti uzoraka vode iz bioloških bazena bile su u rasponu od 8,1 do 8,5.



**Slika 12** pH vrijednost uzoraka vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *Električna vodljivost*

**Slika 13** daje grafički prikaz rezultata električne vodljivosti izražene u  $\mu\text{S}/\text{cm}$  izmjerenih u uzorcima vode uzorkovanih iz biološkog bazena grada Čazme. Svi uzorci udovoljavali su uvjetima Pravilnika o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) koji propisuje vrijednosti 200-1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . U analiziranih 12 uzoraka vode iz biološkog bazena, izmjerene vrijednosti električne vodljivosti bile su u rasponu od 446 do 497  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

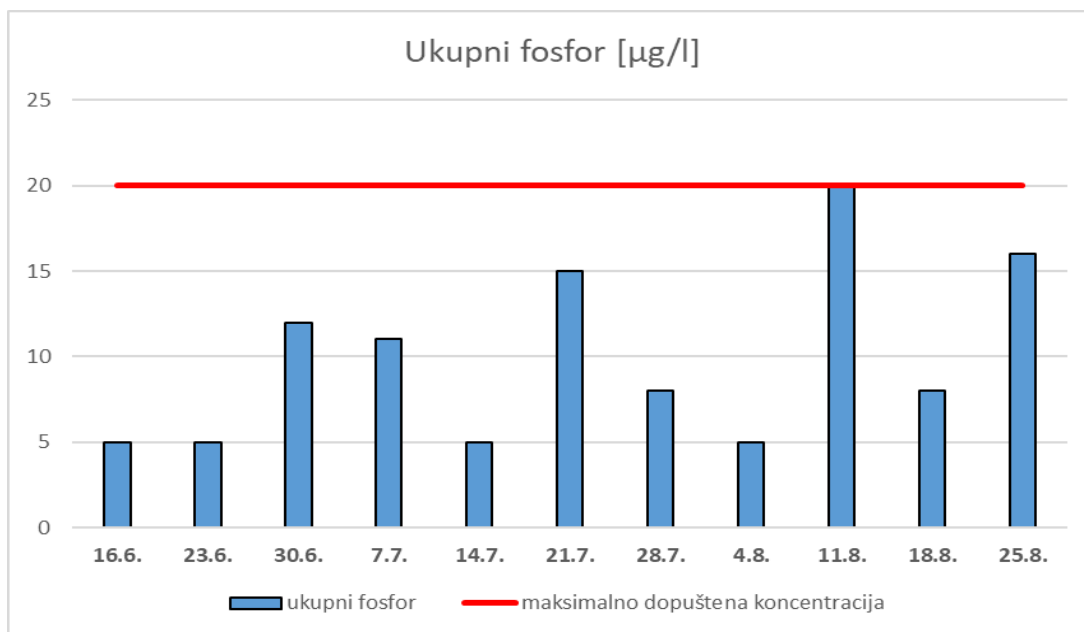


**Slika 13** Električna vodljivost uzoraka vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *Ukupni fosfor*

Koncentracije ukupnog fosfora izmjerene u uzorcima vode uzorkovane iz biološkog bazena grada Čazme bile su u rasponu od 5  $\mu\text{g}/\text{l}$  do 20  $\mu\text{g}/\text{l}$  koliko iznosi i maksimalno dopuštena koncentracija propisana Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020).

Koncentracije od 5  $\mu\text{g}/\text{l}$  izmjerena je u 4 uzorka, dok je maksimalna bila samo u jednom, 11. kolovoza 2023. godine. Svi analizirani uzorci bili su u skladu sa navedenim Pravilnikom (NN 59/2020) te su grafički prikazani na **Slici 14**.



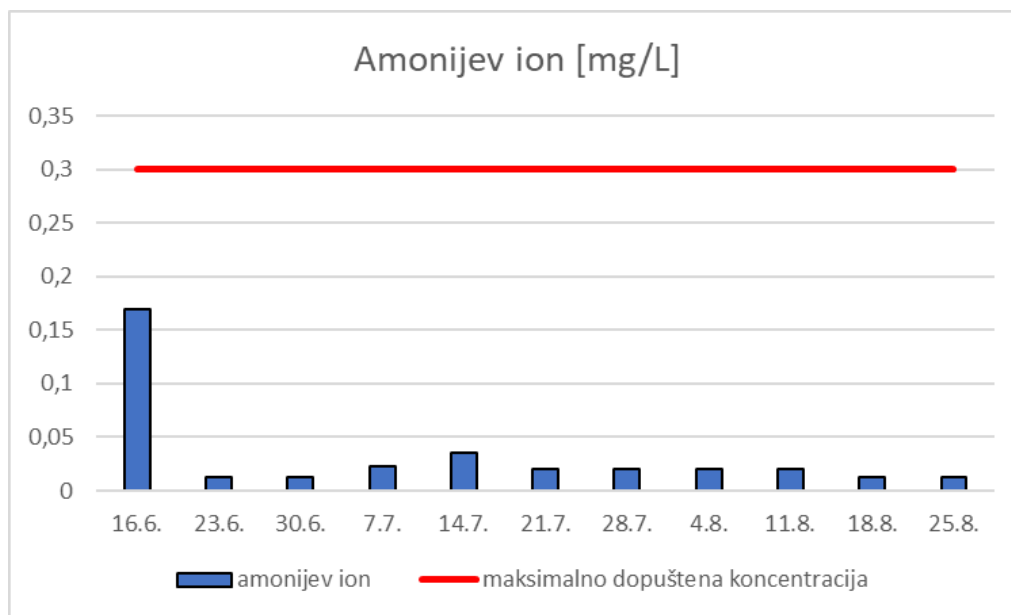
**Slika 14** Koncentracija ukupnog fosfora u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *Amonijev ion*

Maksimalna koncentracija kationa, u ovom slučaju amonijevog iona prema Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) iznosi 0,3 mg/L.

Ispitani uzorci vode biološkog bazena u Čazmi zadovoljavali su uvjete ispravnosti vode prema spomenutom Pravilniku, a rezultati analiza grafički su prikazani na **Slici 15**. Najveća koncentracija amonijevog iona zabilježena je na početku kupališne sezone, odnosno u prvom uzorku, prije otvaranja sezone kupanja 16.6.2023. godine i iznosila je 0,17 mg/L.

Ostale utvrđene koncentracije amonijevog iona bile su nešto niže u odnosu na prvi uzorak, a iznosile su od 0,013 do 0,036 mg/L.



**Slika 15** Koncentracije amonija u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### Boja

Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) ne propisuje maksimalnu dopuštenu vrijednost za boju u biološkim bazenima, već ona mora biti prihvatljiva za korisnike i bez neuobičajenih promjena (za razliku od konvencionalnih bazena gdje je propisana maksimalna vrijednost 20 Pt/Co skale). U **Tablici 3.** prikazane su vrijednosti boje analiziranih uzoraka koje iznose manje od 5 mg/l Pt/Co skale, uz izuzetak zadnje analize 25.8.2023. gdje je vrijednost 6 mg/l Pt/Co skale.

Analizirani uzorci u skladu su sa Pravilnikom (NN 59/2020) budući da nema neuobičajenih promjena, a tijekom sezone kupanja bila je prihvatljiva za korisnike biološkog bazena.

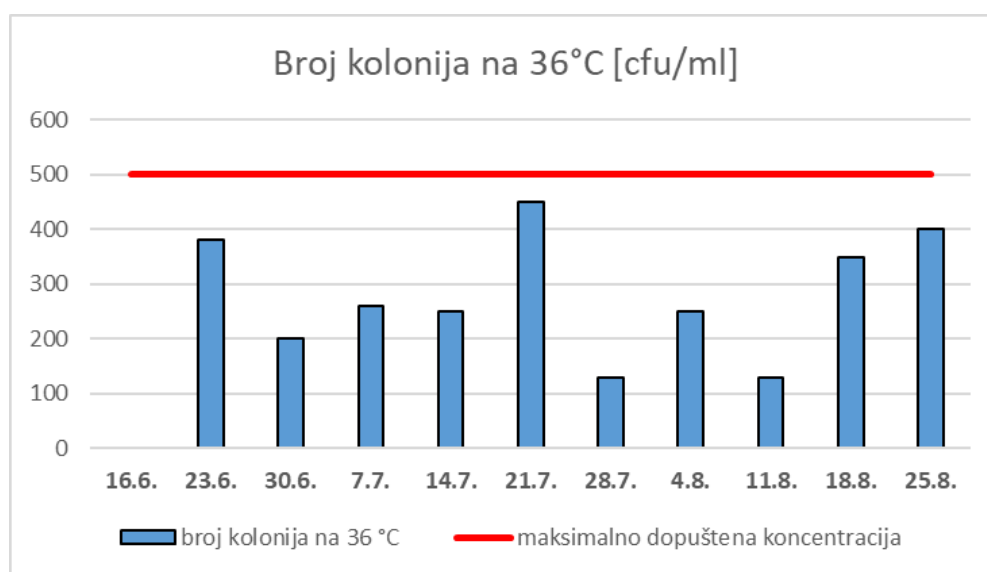
**Tablica 3** Izmjerene vrijednosti boje u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

DATUM	16.6.	23.6.	30.6.	7.7.	14.7.	21.7.	28.7.	4.8.	11.8.	18.8.	25.8.	mjerna jedinica
boja	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	mg/l Pt/Co skale

## 4.2. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA VODE BIOLOŠKOG BAZENA

### Broj kolonija na 36 °C

**Slika 16** grafički prikazuje broj poraslih kolonija na 36 °C nakon inkubacije na hranjivom agaru sa kvascem. Vidljivo je kako svi uzorci odgovaraju Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) budući da izmjerene vrijednosti su manje od maksimalno dopuštenih 500 cfu/mg. Rezultati se kreću od 130 do 450 cfu/ml, a najveći broj je detektiran na dane kada je bila izmjerena i najveća temperatura vode, odnosno dana 23.6., 21.7. i 25.8.2023. godine.



**Slika 16** Broj kolonija na 36 °C u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

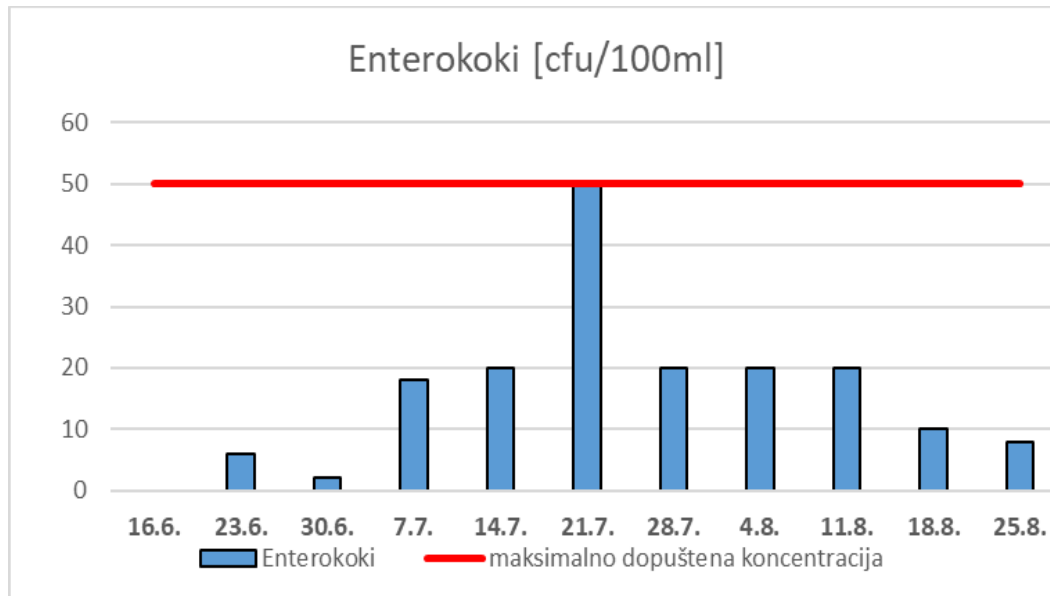
### Enterokoki

Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) maksimalna dopuštena koncentracija enterokoka u biološkom bazenu iznosi 50 cfu/100ml.

Na grafičkom prikazu na **Slici 17** prikazani su rezultati analize uzoraka vode biološkog bazena grada Čazme iz kojeg je vidljivo da je maksimalno dozvoljeni broj enterokoka zabilježen dana 21.7.2023. godine, dok su ostale vrijednosti bile u rasponu od 2 do 20 cfu/ml.



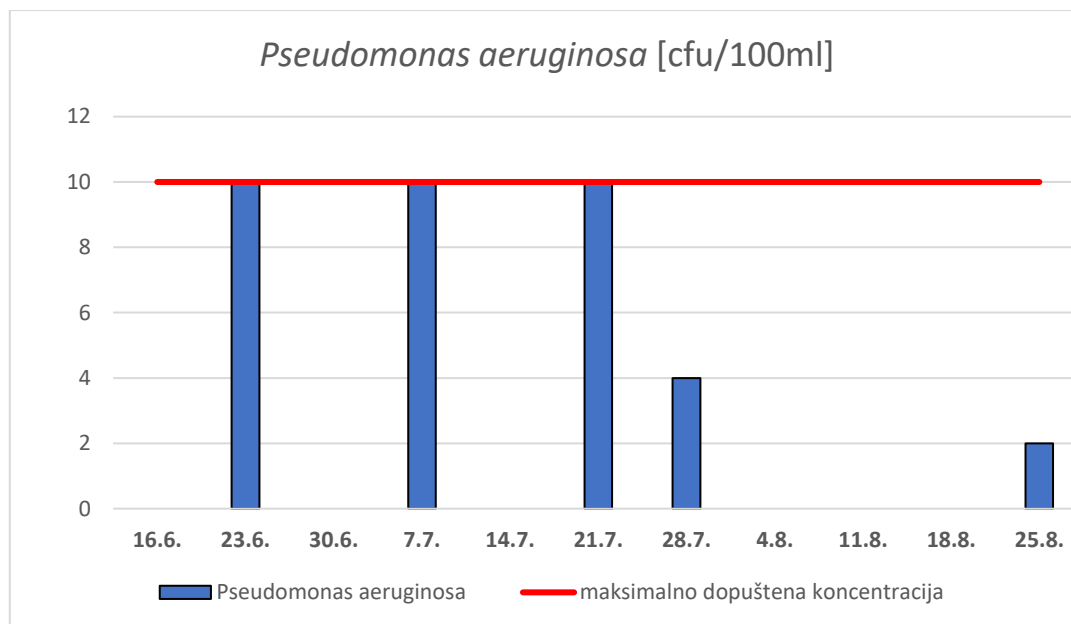
Svi ispitani uzorci udovoljavaju uvjetima iz spomenutog Pravilnika (NN 59/2020).



**Slika 17** Broj zabilježenih enterokoka u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *Pseudomonas aeruginosa*

Rezultati određivanja prisutnosti *Pseudomonas aeruginosa* grafički su prikazani su na **Slici 18**. U zadnjem analiziranom uzorku tijekom sezone kupanja 2023. godine, utvrđene su 2 porasle kolonije, 28.8.2023. četiri kolonije, u čak tri uzorka (23.6.2023., 7.7.2023. i 21.7.2023.) imala su po 10 kolonija. U ostalim uzorcima nije detektirana niti jedna kolonija *Pseudomonas aeruginosa* na hranjivoj podlozi. Svi analizirani uzorci bili su u skladu sa maksimalno dopuštenim koncentracijama propisanim Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020), gdje je MDK 10 cfu/100ml.

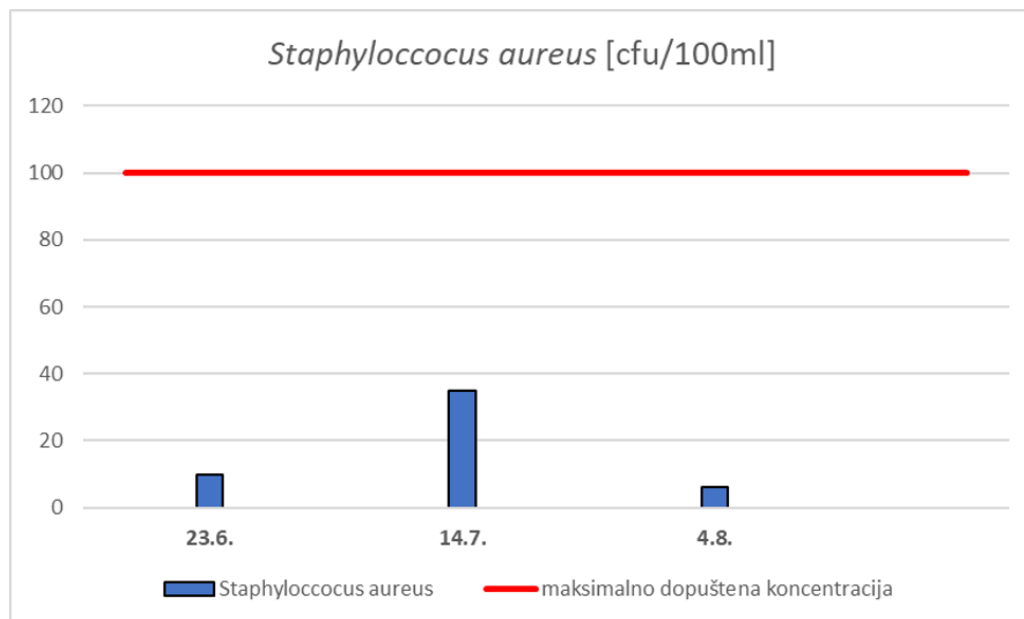


**Slika 18** Broj zabilježenih *Pseudomonas aeruginosa* vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *Staphylococcus aureus*

Prema Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020), detekcija *Staphylococcus aureus* određuje se jednom mjesečno. **Slika 19** grafički prikazuje rezultate određivanja prisutnosti *Staphylococcus aureus* na tri datuma 23.6.2023., 14.7.2023. i 4.8.2023. godine.

Dobiveni rezultati iznosili su za navedene datume 10, 35 i 6 cfu/100ml što je značajno ispod vrijednosti maksimalno dozvoljenoj prema Pravilniku (NN 59/2020) koja iznosi 100 cfu/100 ml.



**Slika 19** Broj zabilježenih *Staphylococcus aureus* u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

#### *Echerichia coli*

*Echerichia coli* tijekom sezone kupanja 2023. godine u uzorcima vode biološkog bazena grada Čazme nije detektirana u niti jednom od uzoraka vode, a rezultati su prikazani u **Tablici 4**.

Maksimalno dozvoljena koncentracija dopuštena Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) iznosi 100 cfu/100ml.

**Tablica 4** Broj *Echerichia coli* u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine

												MDK [cfu/100ml]
<b>DATUM</b>	16.6.	23.6.	30.6.	7.7.	14.7.	21.7.	28.7.	4.8.	11.8.	18.8.	25.8.	
<i>Echerichia coli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

## **5. ZAKLJUČCI**

Zbog zaštite zdravlja ljudi i očuvanja i zaštite okoliša Uredbom o kakvoći vode za kupanje (NN 51/2014) propisuje se monitoring, klasifikacija voda za kupanje na površinskim vodama, upravljanje kakvoćom vode za kupanje i informiranje javnosti o kakvoći voda za kupanje. Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020) propisane su vrijednosti koje moraju udovoljavati propisani fizikalni, fizikalno-kemijski i mikrobiološki pokazatelji kvalitete vode, u svrhu smanjenja rizika od pojave bolesti kod korisnika bazena.

Zadatak diplomskog rada bilo je analizom vode utvrditi kvalitetu i zdravstvenu ispravnost vode za kupanje u biološkom bazenu grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine.

Praćeni su fizikalni, fizikalno-kemijski i mikrobiološki pokazatelji kvalitete vode. Na terenu su prilikom uzorkovanja vode, senzorskim analizama određena prozirnost, čvrste tvari (plivajući predmeti), tenzidi (pjena na površini), mineralna ulja i miris.

Praćeni fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete vode bili su zasićenje kisikom, temperatura, boja, pH, električna vodljivost, koncentracija amonijevih iona i ukupnog fosfora, dok su od mikrobioloških pokazatelja provedene analize određivanja prisutnosti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, Enterokoka i *Pseudomonas aeruginosa* te broj kolonija na 36 °C.

Na temelju laboratorijskih analiza uzoraka vode biološkog bazena, može se zaključiti slijedeće:

- Prozirnost vode tijekom cijele sezone kupanja 2023. godine bila je na maksimalna 3 metra, koliko i iznosi najveća dubina bazena, a miris vode bio je bez neuobičajenih promjena.
- Senzorskom analizom vode tijekom sezone kupanja 2023. godine na površini vode bazena nije utvrđena prisutnost tenzida, mineralnih ulja niti čvrstih tvari, što se može prepisati dobrom mehaničkom čišćenju bazena koje se obavlja svakodnevno.
- Izmjerene temperature vode u analiziranim uzorcima bile su 23,7 – 28,8 °C. Temperatura propisana Pravilnikom (NN 59/2020) iznosi maksimalno 26 °C, ali su dopuštena odstupanja od navedene za vrijeme većih temperatura zraka.
- Minimalna vrijednost zasićenja kisikom od 80 % (zabilježeno 23.6.2023.) do 108,2 %.

- pH vrijednosti analiziranih uzoraka vode iz biološkog bazena grada Čazme bile su od 8,1 do 8,5. Navedena vrijednost 8,5 je i maksimalno dopuštena pH vrijednost određena Pravilnikom (NN 59/2020). Izmjerene vrijednosti 28.7.2023., 4.8.2023., 11.8.2023. i 25.8.2023. bile su u skladu sa maksimalno dopuštenim vrijednostima prema Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020).
- Električna vodljivost u analiziranim uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine bila je u rasponu od 446 do 497  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Maksimalno dopuštena koncentracije ukupnog fosfora Pravilnikom (NN 59/2020) iznosi 20  $\mu\text{g}/\text{L}$ , izmjerena je 11.8., dok je minimalna koncentracija fosfora u uzorcima iznosila 5  $\mu\text{g}/\text{L}$ .
- Maksimalno dopuštena koncentracija amonijevog iona od 0,3  $\text{mg}/\text{L}$ , u niti jednom uzorku nije prekoračena, a koncentracije su bile 0,013-0,17  $\text{mg}/\text{L}$ .
- Boja je u svim ispitanim uzorcima bila bez neuobičajenih promjena.
- Broj kolonija poraslih na 36 °C u uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme kretao se između 130 i 450 cfu/ml, dok je prilikom prve analize vode provedene uoči sezone kupanja 16.6.2023., zabilježena vrijednost iznosila 0 cfu/ml.
- Prije sezone kupanja 2023. godine, utvrđeni broj enterokoka u analiziranom uzorku vode iz biološkog bazena iznosio je 0 cfu/100 ml, dok su nakon početka rada bazena, vrijednosti bile od 2 do 20 cfu/100 ml. Maksimalno dopušteni broj enterokoka u bazenskoj vodi iznosi 50 cfu/100ml.
- Broj poraslih kolonija *Pseudomonas aeruginosa* prilikom 6 uzorkovanja bio je 0 cfu/100ml, dok je kod 3 uzorka vode zabilježen maksimalno dopušteni broj utvrđen Pravilnikom (NN 59/2020) od 10 cfu/100 ml.
- Broj poraslih kolonija *Staphylococcus aureus* određuje se jednom mjesečno, tijekom sezone kupanja analizirao se tri puta. Analize su pokazale zadovoljavajuće rezultate budući da je maksimalno dozvoljeni broj 100 cfu/100ml, a u analiziranim uzorcima vode iz biološkog bazena grada Čazme detektirano je 10, 35, odnosno 6 cfu/100ml.

- *Escherichia coli* nije detektirana u niti jednom uzorku vode iz biološkog bazena grada Čazme tijekom sezone kupanja 2023. godine.

Svi analizirani mikrobiološki pokazatelji kvalitete vode analizirani uoči početka sezone kupanja 2023. godine (uzorkovanje 16.6.2023.), imali su vrijednosti nula što je rezultat punjenja biološkog bazena vodom iz vodoopskrbnog sustava grada Čazme u kojoj ne smiju biti prisutni navedeni mikrobiološki parametri prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju (NN 64/2023).

Navedenim rezultatima analize uzoraka vode biološkog bazena u Čazmi i praćenjem fizikalnih, fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja kvalitete vode tijekom sezone kupanja 2023., utvrđeno je da je navedena bazenska voda zadovoljavala uvjete propisane Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020).

## **6. LITERATURA**



AquaChem: *Strojarski projekt tehnike bazena*, Ivanić Grad, 2020.

Casanovas-Massana A, Blanch AR: Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 216 (2): 132–37, 2013.

Ćorić F: Usporedba mikrobioloških i fizikalno-kemijskih parametara kvalitete bazenske vode: bazeni punjeni slatkom vodom vs morskom vodom. *Diplomski rad*. Sveučilište u Rijeci. Medicinski fakultet, Rijeka, 2022.

Dold S: Integrating natural and engineered wetland water purification processes into Natural Swimming Pools. *Master's Thesis in Landscape Architecture*. The University of Guelph, Canada, 2008.

Glauner T, Waldmann P, Frimmel FH, i Zwiener C: Swimming Pool Water--Fractionation and Genotoxicological Characterization of Organic Constituents. *Water Research* 39 (18): 4494–4502, 2005.

Gün A, Ak T: Natural Swimming Pools: Design and Implementation Principles. *International Journal of Innovative Approaches in Science Research*, Vol. 6 (4), 222-234, 2022.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode - Brojenje uzgojenih mikroorganizama - Broj kolonija nacjepljivanjem na hranjivi agar*. HRN EN ISO 6222:2000 (ISO 6222:1999; EN ISO 6222:1999)

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kvaliteta vode -- Brojenje Escherichia coli i koliformnih bakterija -- 1. dio: Metoda membranske filtracije za vode s niskom pozadinom bakterijske flore*. HRN EN ISO 9308-1:2014 (ISO 9308-1:2014; EN ISO 9308-1:2014)

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode -- Detekcija i brojenje crijevnih enterokoka - 2. dio: Metoda membranske filtracije*. HRN EN ISO 7899-2:2000 (ISO 7899-2:2000; EN ISO 7899-2:2000)

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode - Detekcija i brojenje Pseudomonas aeruginosa - Metoda membranske filtracije*. HRN EN ISO 16266:2008 (ISO 16266:2006; EN ISO 16266:2008)

- HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode - Određivanje fosfora - Spektrometrijska metoda s amonijevim molibdatom*. HRN EN ISO 6878:2008
- HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode - Određivanje otopljenih Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> i Ba<sup>2+</sup> ionskom kromatografijom - Metoda za vode i otpadne vode*. (HRN EN ISO 14911:2001)
- HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode — Uzorkovanje za mikrobiološku analizu*. HRN EN ISO 19458:2008 (ISO 19458:2006; EN ISO 19458:2006)
- HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kvaliteta vode - Određivanje pH vrijednosti* HRN EN ISO 10523:2012 (ISO 10523:2008; EN ISO 10523:2012)
- Kircher W, Allee S, Thon A: *Natural Swimming Pools (NSPs) Principles and Trials with Site Conform Vegetation*. 2018.
- MZ, Ministarstvo zdravstva RH: *Ispravak pravilnika o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda*. Narodne novine 89/2022-1387, 2022.
- MZ, Ministarstvo zdravstva RH: *Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju*. Narodne novine NN 64/2023, 2023.
- MZ, Ministarstvo zdravstva RH: *Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda*. Narodne novine 59/2020-1186, 2020.
- Pándics T, Hofer Á, Dura G, Vargha M, Szigeti T, Tóth E: Health risk of swimming pool disinfection by-products: a regulatory perspective. *Journal of Water and Health* 16 (6): 947–57, 2018.
- Petterson S, Li Q, Ashbolt N: Screening Level Risk Assessment (SLRA) of human health risks from faecal pathogens associated with a Natural Swimming Pond (NSP). *Water Research* 188 (siječanj): 116501, 2021.

Poloprutská T, Nováček M, Oppeltová P: Case Study of Selected Nature Swimming Pools in the South Moravian Region. *Ekológia* 40 (4): 312–24, 2021.

Samie A: *Escherichia Coli: Recent Advances on Physiology, Pathogenesis and Biotechnological Applications*. BoD – Books on Demand, 2017.

Walczak W, Serafin A, Siwiec T: Natural Swimming Ponds as an Application of Treatment Wetlands—A Review. *Water* 15 (10): 1878, 2023.

Zhang D, Dong S, Chen L, Xiao R, Chu W: Disinfection byproducts in indoor swimming pool water: Detection and human lifetime health risk assessment. *Journal of Environmental Sciences* 126 (travanj): 378–86, 2023.

