

# Usporedba mikrobioloških i fizikalno-kemijskih parametara kvalitete bazenske vode: bazeni punjeni slatkom vodom vs morskom vodom

---

Ćorić, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:103668>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ SANITARNI INŽENJERSTVO

Filip Ćorić

USPOREDBA MIKROBIOLOŠKIH I FIZIKALNO-KEMIJSKIH PARAMETARA  
KVALITETE BAZENSKE VODE: BAZENI PUNJENI  
SLATKOM VODOM VS MORSKOM VODOM

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ SANITARNI INŽENJERSTVO

Filip Ćorić

USPOREDBA MIKROBIOLOŠKIH I FIZIKALNO-KEMIJSKIH PARAMETARA  
KVALITETE BAZENSKE VODE: BAZENI PUNJENI  
SLATKOM VODOM VS MORSKOM VODOM

Diplomski rad

Rijeka, 2022

Mentor rada: izv.prof.dr.sc. Darija Vukić Lušić

Diplomski rad ocjenjen je dana 29.09.2022. u/na Medicinskom fakultetu u Rijeci,

Pred povjerenstvom u sastavu:

1. Izv.prof.dr.sc. Dražen Lušić, dipl.sanit.ing.
2. Doc.dr.sc. Arijana Cenov, dipl.sanit.ing.
3. Izv.prof.dr.sc. Darija Vukić Lušić, dipl.sanit.ing.

Rad sadrži 49 stranica, 12 slika, 16 tablica, 55 literaturnih navoda.

## ***Zahvala***

*Zahvaljujem se mentorici izv. prof. dr. sc. Dariji Vukić Lušić, dipl. sanit. ing. na nesebično odvojenom vremenu i strpljenju, korisnim i stručnim savjetima, te razumijevanju i uloženom trudu prilikom izrade i pisanja ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem se mojoj obitelji koja mi je bila podrška tijekom cjelokupnog studiranja i bez kojih sve ovo ne bi bilo moguće*

*Filip Ćorić*

## SAŽETAK

U današnje vrijeme bazeni se koriste u različite namjene: rekreaciju i relaksaciju, sportske aktivnosti ili terapijske svrhe. Međutim, uz brojne blagodati koje pružaju, u bazenima se mogu pojaviti i različite vrste rizika. Boravak u bazenima tako je povezan s tjelesnim ozljedama, širenjem bolesti ili negativnim utjecajem različitih kontaminanata koji se mogu naći u vodi. Cilj ovoga istraživanja bio je ispitati i usporediti podatke o pokazateljima kvalitete bazenske vode kod bazena punjenih slatkom i morskom vodom. Temeljem rezultata mikrobioloških i fizikalno-kemijsko pokazatelja analizirano je na koji način osobine slatke i morske vode utječu na navedene pokazatelje. U razdoblju od 2016. do 2020. godine ukupno je ispitano 4943 uzoraka bazenske vode (3281 slatke i 1662 morske), uzetih iz bazena smještenih na području Primorsko-goranske županije. Statistička analiza ukazala je na značajne razlike u vrijednostima pokazatelja između bazena punjenih slatkom i morskom vodom. Morska voda imala je u usporedbi sa slatkom vodom niže vrijednosti temperature, koncentraciju rezidualnog klora te broj *Pseudomonas aeruginosa*, a veće vrijednosti elektrovodljivosti i trihalometana. Dobiveni rezultati ukazuju da morska voda predstavlja nepovoljniji medij za razvoj *P. aeruginosa*, međutim kao nusprodukt dezinfekcije u njoj nastaju veće koncentracije trihalometana, koji imaju nepovoljni učinak na zdravlje ljudi.

**Ključne riječi:** bazen, slatka voda, morska voda, pokazatelji kakvoće bazenske vode, *Pseudomonas aeruginosa*, trihalometani

## ABSTRACT

Nowadays, swimming pools are used for various purposes: recreation and relaxation, sports activities or therapeutic purposes. However, besides the many benefits they offer, swimming pools can also present different types of risks. Thus, spending time in swimming pools is associated with bodily injuries, the spread of diseases or the negative effects of various contaminants that may be present in the water. The aim of this study was to examine and compare data on indicators of pool water quality in pools filled with fresh and sea water. Based on the results of microbiological and physico-chemical parameters, it was analysed how the properties of fresh and sea water affect these parameters. In the period from 2016 to 2020, a total of 4943 pool water samples (3281 freshwater and 1662 seawater samples) from pools in Primorje-Gorski Kotar County were analysed. Statistical analysis showed significant differences in the values of indicators between freshwater and seawater pools. Compared to freshwater, seawater had lower values for temperature, residual chlorine concentration and number of *Pseudomonas aeruginosa*, and higher values for electrical conductivity and trihalomethanes. The results obtained indicate that seawater is an unfavourable medium for the development of *P. aeruginosa*. However, as a by-product of disinfection, higher concentrations of trihalomethanes are formed in it, which have a negative impact on human health.

**Key words:** swimming pool, freshwater, seawater, swimming pool water quality parameters, *Pseudomonas aeruginosa*, trihalomethanes

# SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1	Općenito o bazenima .....	1
1.2	Zdravstveni turizam .....	2
1.3	Upravljanje i kontrola kvalitete bazenske vode.....	3
1.4	Dezinfekcija bazenske vode .....	4
1.4.1	Kloriranje .....	4
1.4.1.1	Hipoklorit.....	4
1.4.1.2	Izocijanurati .....	6
1.4.1.3	Klordioksid .....	6
1.4.2	Ozon.....	7
1.5	Mikrobiološko onečišćenje.....	7
1.5.1	Ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C/48h.....	8
1.5.2	<i>Escherichia coli</i> .....	9
1.5.3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	9
1.5.4	<i>Staphylococcus aureus</i> .....	10
1.5.5	<i>Legionella pneumophila</i> .....	10
1.6	Kemijsko onečišćenje .....	11
1.6.1	Trihalometani (THM) .....	15
1.7	Zakonska regulativa.....	16
<b>2</b>	<b>CILJ RADA .....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>MATERIJALI I METODE.....</b>	<b>20</b>
3.1	Fizikalno-kemijski parametri.....	20
3.1.1	Temperatura .....	20
3.1.2	Boja.....	21
3.1.3	Mutnoća .....	21



3.1.4	pH.....	22
3.1.5	Električna vodljivost .....	22
3.1.6	Permanganatni indeks .....	22
3.1.7	Trihalometani (ukupni) .....	22
3.1.8	Rezidualni klor.....	23
3.2	Mikrobiološki parametri .....	23
3.2.1	Ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°/48h .....	23
3.2.2	<i>Escherichia coli</i> .....	24
3.2.3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	24
3.2.4	<i>Staphylococcus aureus</i> .....	24
3.2.5	<i>Legionella pneumophila</i> .....	24
3.3	Statistička obrada podataka .....	24
<b>4</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>RASPRAVA.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČCI.....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>40</b>
	POPIS SLIKA .....	47
	POPIS TABLICA.....	48
	ŽIVOTOPIS .....	49

# 1 UVOD

Uloga vode kao nezamjenjivog resursa postaje jasnija svakom novom generacijom. Glavna je sastavnica svih živih organizama i nezamjenjivi je sastojak hrane, sudjeluje u svim biokemijskim reakcijama čovjeka i tako štiti organizam od štetnih tvari. Također, voda sudjeluje u razgradnji i apsorpciji nutritivnih tvari, te je odgovorna za regulaciju tjelesne temperature. Ukratko, voda je neophodna za normalno funkcioniranje ljudskog organizma. Godišnje se za različite potrebe i djelatnosti potroši na milijarde kubičnih metara vode: vodoopskrba, industrija, poljoprivreda, turizam i u drugim uslužnim sektorima, te za sport i rekreaciju.

Bazeni su vodeni objekti koji se koriste za različite namjene. Mogu služiti za rekreaciju, relaksaciju, sport kao i u zdravstvene svrhe. Prednosti bazena su neupitne, no s druge strane korištenje bazena i bazenskih prostora nosi različite vrste rizika, kako mikrobioloških tako i fizikalnih i kemijskih. Kako bi korisnici bazena ostvarili beneficije istih, bazenska voda u kojoj se kupaju mora biti zdravstveno ispravna. Dezinfekcija i tretman vode imaju veliku ulogu u održavanju bazenske vode zdravstveno ispravnom, kako bi se potencijalni rizici korištenja bazena minimalizirali.

## 1.1 Općenito o bazenima

Bazen po svojoj definiciji jest vodom ispunjeni prostor koji je po tradiciji pravokutnog oblika, bez dodatnih vodenih objekata, a koriste ga ljudi različite dobi i sposobnosti. Voda kojom se bazeni opskrbljuju može biti slatka (površinske i podzemne vode), te morska ili termalna (tj. iz prirodno toplih izvora). Prema vlasništvu, bazeni mogu biti privatni, polujavni (hoteli, škole, zdravstvene institucije, stambeni kompleksi, brodovi za krstarenje), ili javni (npr. gradski). Također mogu biti pod nadzorom ili bez nadzora. Razlikujemo montažne i prijenosne bazene, koji se najčešće koriste u kućnim uvjetima. Osim toga, postoji više vrsta specijaliziranih bazena za određenu vrstu korisnika, kao što su bazeni za djecu, za učenike ili bazeni za podučavanje, za ronjenje, rehabilitaciju, te različite sportove (1).

Vrsta, dizajn i namjena za koju se bazen koristi mogu uzrokovati različite opasnosti (primjerice, bazeni s naglim varijacijama u dubini mogu plivače iznenaditi dubinama u kojima se ne snalaze). Kupanjem u jacuzzi kadama korisnici mogu biti izloženi visokim temperaturama, također visoke temperature mogu uzrokovati probleme pri održavanju stabilne razine pH vode (1). Utapanje, skoro utapanje i ozljede kralježnice su teže ozljede koje

predstavljaju javno zdravstveni problem, vezano za korištenje bazena. Ljudsko ponašanje, osobito pri konzumaciji alkohola, je glavni čimbenik koji povećava vjerojatnost ozljeda. Iako su ozljede zbog poskliznuća ili pada manje ozbiljne, ipak uzrokuju bol i nelagodu, te čine jedan od čimbenika na koji se treba razmotriti prilikom izgradnje bazena. Kako bi se izbjegle moguće ozljede na bazenu moraju biti provedene odgovarajuće preventivne i korektivne radnje. One uključuju: opću edukaciju, postavljanje upozorenja gdje je potrebno, prisutnost spasilaca, korištenje materijala s neklizajućim površinama, zabranu korištenja stakla u blizini bazena, sprječavanje trčanja i grube igre pored bazena, dostupnost zdravstvene usluge kao što je prva pomoć, dostupnost komunikacije sa zdravstvenim i spasilačkim službama, te čišćenje bazena i pratećih objekata (1).

## **1.2 Zdravstveni turizam**

Promjena samog razmišljanja o zdravlju i dobrobiti za ljudsko tijelo dovela je do uočavanja strateških veza između turizma i zdravlja. Ideja da je biti zdrav puki nedostatak bolesti smatrala se točnom sve do 1946. godine, kada Svjetska zdravstvena organizacija (SZO, eng. World Health Organization, WHO) opovrgava istu. Prema SZO, zdravlje je potpuno tjelesno, psihičko i socijalno blagostanje, a ne samo odsustvo. Ova šira, holistička vizija zdravlja je postavila temelje za wellness pokret, koji se razvio 1970-ih godina, u kojem se nastojalo obuhvatiti sve aspekte zdravlja (2). Zdravstveni turizam pomaže ljudima očuvati i poboljšati njihovo tjelesno, mentalno i duhovno zdravlje. Uključuje povremenu promjenu stalnog prebivališta i putovanje u odgovarajuće lječilište, a razlozi mogu biti: prevencija bolesti, liječenje i rehabilitacija. Globalno, zdravstveni turizam pokazuje iznadprosječnu stopu rasta i potencijal za daljnji rast. Razlog tome može se tražiti u postojećem trendu starenja stanovništva, kao i većem interesu prema zdravijim načinu života srednje klase kojoj je nametnut nezdrav način života ( nedostatak slobodnog vremena, stres, brza i nezdrava hrana, tehnologija i dr.) (3).

Prema strategiji razvoja turizma Republike Hrvatske do 2020. godine i nacionalne strategije unaprjeđenja zdravlja od 2012. do 2020. godine zdravstveni turizam se dijeli na medicinski, spa i wellness turizam. Trenutno, u Hrvatskoj postoje 13 specijalnih bolnica (SB) za medicinsku rehabilitaciju i zdravstvenih odmarališta (ZO): SB i spa Daruvar, SB i spa Krapina, SB Lipik, SB Naftalan, SB i ZO Stubica, ZO Topusko, SB i ZO Varaždin, ZO i spa Istria, ZO Veli Lošinj, SB Thalassotherapie Crikvenica, SB Thalassotherapie Opatija, SB Biokovka Makarska i SB Kalos Vela luka. S iznimkom zdravstvenog spa odmarališta Istria,

specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju i zdravstvena odmarališta su u vlasništvu županija u kojima se iste i nalaze te pružaju usluge putem Hrvatskog zavoda za zdravstveno osiguranje (HZZO) i djelomično putem slobodnog tržišta. Hrvatsku ponudu zdravstvenog turizma karakterizira kvalitetna usluga, dobra reputacija kvalitete medicinskih i zdravstvenih usluga, cjenovna konkurentnost, blizina glavnih emitivnih tržišta, sigurnost zemlje, povoljna klima i prirodna bogatstva s nizom ljekovitih čimbenika, kao i dugogodišnja tradicija u zdravstvenom turizmu. Iako zdravstveni turizam u Hrvatskoj ima brojne pozitivne strane, još uvijek nije konkurentan na međunarodnoj razini. Kako bi zdravstveni turizam na međunarodnom tržištu bio konkurentan potrebno je provesti kategorizaciju, akreditaciju i certifikaciju. U Hrvatskoj vrlo mali broj zdravstvenih ustanova ima tržišno relevantne međunarodne certifikate, a većina ih ima samo ISO standarde za interne procese kvalitete, a samo jedno lječilište je kategorizirano (3).



Slika 1. Rehabilitacija u bazenu (Thalassotherapia Crikvenica) (4)

### **1.3 Upravljanje i kontrola kvalitete bazenske vode**

Različite vrste patogenih mikroorganizama poput virusa, bakterija, gljivica i protozoa mogu kontaminirati bazensku vodu. U bazen dospijevaju putem znoja, urina, sline, kose, čestica kože, fekalnih tvari ili općenito prljavštine. Ostali potencijalni izvori kontaminacije uključuju neispravne vodovodne instalacije, a kod vanjskih bazena postoji rizik od kontaminacije vode ptičjim izmetom, prašinom i kukcima.

Iako poticanje korisnika bazena na tuširanje, korištenje WC-a i prethodno namakanje nogu u kadama za dezinficiranje pomaže u smanjenju određene količine onečišćenja unesenog u bazen, jednako je bitno osigurati kemijsko okruženje koje brzo inaktivira širok spektar

patogena koji bi inače mogli negativno utjecati na vodu u bazenu, te naposljetku i na zdravlje plivača. Navedena onečišćivala učinkovito se inaktiviraju postupkom dezinfekcije i filtracije te pružaju sigurnije iskustvo plivanja, bez štetnih zdravstvenih učinaka. Kako bi se učinkovito kontrolirala onečišćavala koja predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje pri korištenju bazena, potrebno je razumjeti i potencijalne izvore kontaminacije, vrste patogenih organizama i njihovu osjetljivost na postupke dezinfekcije, mehanizme dezinfekcije i puteve infekcije. Također, potrebno je poznavati kemiju primijenjenog dezinfekcijskog sredstva te razumjeti način njegovog djelovanja. Ukoliko se postupci dezinfekcije i obrade bazenske vode pravilno provode, infekcije povezane s bazenima su relativno rijetke (5).

## **1.4 Dezinfekcija bazenske vode**

### **1.4.1 Kloriranje**

Primarni način postizanja zdravstveno ispravne vode za bazene jest korištenje odgovarajućih kemikalija. Najčešće korištena dezinfekcija klorom – klorinacija bazenske vode, neophodna je za sprječavanje prijenosa bolesti. Klor je prvi put otkriven 1744. godine u Švedskoj, kada se smatralo kako su mirisi iz vode odgovorni za prijenos bolesti. Godine 1835. klor se koristio za uklanjanje mirisa iz vode, a tek 1980. godine je otkriveno kako je klor učinkovito sredstvo za dezinfekciju vode, te samim time i sredstvo za smanjenje bolesti koje se prenose vodom. S novim otkrićem, kloriranje je počelo u Velikoj Britaniji, a zatim se proširilo na Sjedinjene Američke Države (1908. godine), i Kanadu (1917. godine). Postupak kloriranja je danas najraširenija metoda dezinfekcije koja se koristi za pročišćavanje vode diljem svijeta (6).

#### **1.4.1.1 Hipoklorit**

Kemikalije koje se koriste u tretmanima bazena su obično nagrizaajući agensi poput klora i natrijevog hipoklorita, a dolaze u obliku granula, tableta, tekućine i plinova. Reakcijom kemikalija koje se koriste u svrhu klorinacije tvari prisutnih u bazenskoj vodi, nastaju spojevi koji nadražuju kožu, oči i sluznice, a kada se rasprše stvaraju plinove koji nadražuju dišni put. Također, ozljede mogu nastati zbog osjetljivosti plivača na uobičajene koncentracije korištenih kemikalija u bazenu (npr. otvaranjem očiju pod vodom), slučajnim izlaganjem većim koncentracijama kemikalija (kod kvara klorinatora u bazenu) ili slučajnim udisanjem para prilikom otvaranja spremnika za skladištenja tableta za kloriranje (7).

Kloriranje se provodi u bilo kojem trenutku tijekom procesa obrade vode – ne postoji jedno točno određeno vrijeme kada se klor mora dodati. Kontrola svake točke prilikom kloriranja vode daje uvid u različite vrste onečišćenja vode. Na taj način moguć je uvid u kvalitetu vode od trenutka kada voda uđe u postrojenje za pročišćavanje pa sve do trenutka kada napusti.

Klor se može unijeti u bazensku vodu u različitim oblicima. Najčešće se koristi klor u plinovitom obliku, otopina natrijevog hipoklorita i kalcijev hipoklorit, a ponekad i klor dioksid. Kod nekih bazena umjesto navedenih spojeva koristi se kombinacija soli klora i bromida (5). Bilo koja vrsta klora koja se koristi pri procesu tretmana vode rezultirat će stvaranjem hipokloritne kiseline (HOCl) i hipokloritnih iona (OCl<sup>-</sup>), koji su glavni dezinfekcijski spojevi pri klorinaciji vode (hipokloritna kiselina je najučinkovitija) (6).

Nakon dodavanja klora, količina spojeva prisutnih u vodi ovisit će o pH vrijednosti vode. Pri nižim pH vrijednostima, dominira hipokloritna kiselina. Hipokloritna kiselina i hipokloritni ion zajedno čine "slobodni klor". Slobodni klor ima visok oksidacijski potencijal i učinkovitiji je dezinficijens od drugih oblika klora, poput kloramina. Oksidacijski potencijal karakterizira stupanj aktivnosti elektrona u redoks reakcijama. Visok oksidacijski potencijal znači da mnogi različiti spojevi mogu reagirati s tim spojem, odnosno znači kako će taj spoj biti lako dostupan za reakciju s drugima (6).

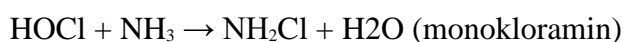
Tablica 1. Prisutnost spojeva slobodnog klora ovisno u pH bazenske vode (8)

pH	%hipokloritna kiselina	%hipokloritni ion
6,0	97	3
7,0	75	25
7,5	50	50
8,0	23	77
9,0	3	97

Jednom kada se doda vodi, slobodni rezidualni klor koji je vrlo reaktivan, vrlo brzo uništava organske zagađivače. Tim procesom dolazi do promjene oblika klora pri čemu nastane vezani rezidualni klor, zbog kojeg se više ne smatra slobodnim klorom. Preostali klor uglavnom se sastoji od dušikovih spojeva budući da se i organska i anorganska onečišćivala prvenstveno sastoje od dušikovih i amonijevih molekula. Iako se radi o prilično stabilnom spoju, njegova sposobnost dezinfekcije je zanemariva. Osim toga, ti su spojevi odgovorni je za kožne osipe,

nadražaj očiju i neugodan miris klora u bazenima. Zbog negativnim učinaka na kvalitetu bazenske vode, nužno je održavati nisku koncentraciju (maksimalno 0,2 ppm) (9).

Kombinirani klor je kombinacija organskih spojeva dušika i kloramina, koji nastaju kao rezultat reakcije između klora i amonijaka. Kloramini nisu tako učinkoviti u dezinfekciji vode kao slobodni klor zbog nižeg oksidacijskog potencijala. Zbog stvaranja kloramina umjesto slobodnog klora, amonijak nije poželjan proizvod u procesu tretmana vode, ali se može dodati na kraju procesa tretmana vode kako bi se stvorili kloramini kao sekundarno dezinfekcijsko sredstvo, koji ostaje u sustavu duže od klora (6). Glavne reakcije za stvaranje kloramina prikazane su u nastavku:



Zbroj koncentracija ove tri vrste naziva se kombinirani klor. Kloramini imaju prednost što ne stvaraju jake mirise učinkovitiji su u kontroli bakterijskih filmova na distribucijskoj mreži i općenito su stabilni. Treba uzeti u obzir da se kloramini mogu potrošiti biološkom nitrifikacijom, posebno pri visokim temperaturama i kada se amonijak koristi u suvišku (10).

#### **1.4.1.2 Izocijanurati**

Stabilizirani spojevi klora, poznati kao klorirani izocijanurati, su bijeli kristalni spojevi koji neizravno osiguravaju klor za dezinfekciju vanjskih ili slabo opterećenih bazena. Izocijanurati su po svojem kemijskom sastavu natrijeve soli izocijanurne kiseline i njihovim otapanjem u vodi nastaje hipoklorasta i izocijanurna kiselina. To je dezinfekcijsko sredstvo čije se rezidue dosta dugo zadržavaju i teško gube iz vode, upravo zbog izocijanurne kiseline. Diklorizocijanurat je jedna vrsta izocijanurata koji se koriste za dezinfekciju bazenske vode te je pogodan za doziranje jer se može naći u praškastom obliku ili u tabletama. Također, slobodni klor koji nastaje korištenjem izocijanurata je otporniji na utjecaj UV zračenja (1,11).

#### **1.4.1.3 Klordioksid**

Učinkovitost klordioksida ( $\text{ClO}_2$ ) kao dezinfekcijskog sredstva je usporediva s klorom u slučaju kada je pH vode stabilan. Međutim, kada se pH promijeni, dezinfekcijski učinak klora se smanjuje dok učinak klordioksida ostaje stabilan. Danas bi važan čimbenik mogao biti i to što klordioksid ubija viruse učinkovitije od klora ili čak ozona. U prisutnosti organske tvari,  $\text{ClO}_2$  je jače antivirusno sredstvo protiv SARS-CoV-2 od natrijevog hipoklorita.

Mehanizam djelovanja klordioksida se razlikuje od ostalih dezinfekcijskih sredstava na bazi klora. Klordioksid u pravilu nije sredstvo za kloriranje, već jak oksidans. Oksidacija pomoću  $\text{ClO}_2$  se odvija mehanizmom jednoelektronske izmjene, napadajući elektronima bogate centre organskih molekula. Kada se jedan elektron prenese, klordioksid se reducira u klorit ( $\text{ClO}_2^-$ ). Tijekom oksidacijskih reakcija s organskom tvari, oko 50-70% klordioksida se pretvara u klorite, dok ostatak pretvara u klorate ( $\text{ClO}_3^-$ ). Tako reakcija organskih i anorganskih spojeva s klordioksidom rezultira stvaranjem nepoželjnih nusproizvoda dezinfekcije tj. klorata ( $\text{ClO}_3^-$ ) i klorita ( $\text{ClO}_2^-$ ). Prema trenutnim istraživanjima ovi nusproizvodi ne uzrokuju akutnu i kroničnu toksičnost, kao ni kancerogena svojstva. Međutim, mogu biti uzročnici oksidativnog stresa (12).

#### **1.4.2 Ozon**

Ozon je plin plave boje koji se sastoji od tri atoma kisika. Ozon je koristan u bazenima jer učinkovito ubija i deaktivira bakterije, parazite i viruse. Također je dobar oksidans, što znači da može kemijski djelovati na zagađivače u vodi. Ozon se u bazensku vodu ne dodaje na isti način kao i ostale kemikalije za dezinfekciju, već ozon vodu u bazenu dezinficira kroz cirkulacijski sustav. Nakon što generator ozona dezinficira vodu, cirkulirana voda se vraća u bazen s vrlo niskom i sigurnom koncentracijom ozona. Budući da ovim načinom dezinfekcije u vodi ne nastaju rezidualne koncentracije dezinficijensa, druga dezinfekcijska sredstva poput klora ili broma se dodaju u bazensku vodu kako bi se osiguralo rezidualno djelovanje. Također, ozon je nestabilan i ne može se nabaviti i prenositi u spremnicima kao što se mogu ostale kemikalije. Mora se proizvesti na licu mjesta pomoću ozonizatora ili generatora ozona (13).

### **1.5 Mikrobiološko onečišćenje**

Prisutnost mikroorganizama povećava mogućnost nastanka infekcije i prijenosa bolesti. Bazenska voda lako može predstavljati rezervoar mikroorganizama, koji u vodu dospijevaju na različite načine. Mikroorganizmi mogu kontaminirati bazensku vodu direktnim ili indirektnim putem, odnosno fekalnim i nefekalnim putem (**Tablica 2**) (14). Zbog povoljnih uvjeta bazenske vode za pojedine mikroorganizme može doći do razmnožavanja do infektivne doze, te samim time i infekcije (kože, respiratornog, probavnog sustava) ili oboljenja druge prirode.

Obzirom da su korisnici bazena različitog ekonomskog, socijalnog i zdravstvenog statusa, voda se može jače mikrobiološki opteretiti, što ostaje zamijećeno ukoliko se ne provodi kontrola nad zdravstvenom ispravnosti vode. Obzirom da su patogeni mikroorganizmi koji se mogu prenijeti kontaminiranom bazenskom vodom vrlo različiti, izravno mjerenje brojnih vrsta



patogena je skupo i tehnički teško izvedivo. Zbog toga se u cilju otkrivanja fekalne kontaminacije koriste indikatorski. Indikatorski pokazatelj koji ima najširu primjenu je *Escherichia coli* - pokazatelj prisutnosti enteričnih patogenih bakterija kao što su *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae* te ostalih patogena. Indikatorski organizmi uobičajeni su stanovnici crijevnog sustava ljudi i toplokrvnih životinja. Nalaze se u visokim koncentracijama u fecesu te je njihova detekcija u okolišu jednostavnija u odnosu na patogene - predstavljaju mjeru fekalne kontaminacije te moguće prisustvo patogena (15).

Tablica 2. Potencijalni mikrobiološki kontaminanti u bazenima ili njihovoj okolini

MIKROBIOLOŠKE OPASNOSTI	
FEKALNE	NEFEKALNE
BAKTERIJE: <i>Shigella spp.</i> , <i>E. Coli 0157</i>	BAKTERIJE: <i>Legionella spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Mycobacterium spp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Leptospira spp.</i>
PROTOZOE: <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i>	VIRUSI: <i>Molluscipoxvirus</i> , <i>Papillomavirus</i> , Adenovirusi
VIRUSI: Adenovirusi, Hepatitis A, Norovirus, Enterovirusi	PROTOZOE: <i>Naegleria fowleri</i> , <i>Acanthamoeba spp.</i> , <i>Plasmodium spp.</i>
	GLJIVICE: <i>Trichophyton spp.</i> , <i>Epidermophyton floccosum</i>

### 1.5.1 Ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C/48h

To su bakterije koje rastu u temperaturnom rasponu od 20-45°C (mezofilno), uz prisustvo kisika (aerobno). Većini ovih bakterija je optimalna temperatura 37°C (čovjekova tjelesna temperatura), što znači da skupini aerobnih mezofilnih bakterija pripada većina patogenih bakterija (16). Sve dok voda zadovoljava postavljene mikrobiološke kriterije zdravstvene ispravnosti, prisutnost ovih bakterija nije rizik za ljudsko zdravlje. Međutim, ako je broj ovih bakterija povećan, potrebno je analizirati uzroke rasta iznad uobičajenih vrijednosti te poduzeti korektivne mjere. Temperatura, dostupnost hranjivih tvari i nedostatak rezidualnog dezinfekcijskog sredstva ključni su pokretači rasta bakterija. Hranjive tvari mogu potjecati iz vodenog tijela ili materijala koji dolaze u dodir s vodom (17). Ukupan broj aerobnih bakterija nam služi kao indikator za uspješnost provedenog procesa dezinfekcije, odnosno kloriranja.

### 1.5.2 *Escherichia coli*

*Escherichia coli* je gram negativna štapičasta bakterija koja se obično nalazi u donjem crijevu toplokrvnih životinja. Većina sojeva *E.coli* je bezopasna, no neki sojevi poput serotipa O157:H7, mogu uzrokovati ozbiljno trovanje hranom kod ljudi i povremeno su odgovorni za povlačenje proizvoda. Bezopasni sojevi dio su normalne crijevne flore i korisni su po domaćina tako što proizvode vitamin K2, ili sprječavaju razvoj patogenih bakterija u crijevima. Budući da *E.coli* općenito ne preživljava dugo izvan crijevnog trakta, njezina prisutnost u uzorcima iz okoliša, hrani ili vodi obično ukazuje na nedavnu fekalnu kontaminaciju ili lošu sanitarnu praksu. Sama prisutnost *E.coli* u hrani ili vodi ne ukazuje direktno na to da se u uzorku nalaze patogeni mikroorganizmi, ali ukazuje da postoji povećani rizik od prisutnosti drugih bakterija i virusa koji se prenose fekalijama, kao npr. *Salmonella spp.* ili virus Hepatitis A koji jesu patogeni (18). Upravo zbog navedenih razloga *Escherichia coli* se služi kao indikatorski organizam za hranu ili vodu koja ukazuje na moguću fekalnu kontaminaciju.

### 1.5.3 *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* je heterotrofna gram-negativna štapičasta aerobna bakterija s jednom polarnom flagelom. Promjera 0,5-1,0  $\mu\text{m}$  i dužine 1,5-5,0  $\mu\text{m}$ , ovaj organizam zahtjeva minimalne uvjete za preživljavanje i može se adaptirati na okolinu. Prilagodljivost na uvjete koji su siromašni hranjivim tvarima čini njihov rast neovisnim o sadržaju organske tvari u vodi (19). Optimalna temperatura za rast *Pseudomonas aeruginosa* jest 37°C, no prilagodljiva je na različite temperature pa tako neki sojevi mogu rasti na temperaturi od 4°C pa sve do 42°C. Može uzrokovati niz infekcija, ali rijetko uzrokuje ozbiljne bolesti kod zdravih pojedinaca bez predisponirajućeg čimbenika. Pretežno kolonizira oštećena mjesta kao što su opekline i kirurške rane, dišne sustave te oči, te s tih mjesta može prodrijeti u tijelo uzrokujući lezije ili septikemije i meningitis. *P. aeruginosa* je također važan uzročnik nozokomijalne (bolničke) pneumonije, s visokom stopom smrtnosti (**Tablica 3**) te je jedini identificirani smrtonosni soj *Pseudomonas* (20). Korištenje bazena najčešće je povezano s infekcijama kože i očiju, pri čemu je *P. aeruginosa* drugi najčešći uzrok izbijanja bolesti povezanih s rekreacijskim vodama.

Tablica 3. Bakterijski uzrokovane bolničke pneumonije (20)

Bakterija	Postotak smrtnosti povezan s pneumonijom
<i>P. aeruginosa</i>	72
<i>Klebsiella-Enterobacter-Serratia</i>	40

<i>S. aureus</i>	33
<i>E. coli</i>	31
<i>S. pneumoniae</i>	29
Ostale aerobne gram-neg. Bakterije	25
Ostali streptokoki	6

#### 1.5.4 *Staphylococcus aureus*

Stafilokoki su gram-pozitivni koki koji se najčešće formiraju u skupine slične grozdovima. Rod *Staphylococcus* sadrži najmanje 15 različitih vrsta, osim *S. aureus* razlikujemo još i *S. epidermidis* i *S. saprophyticus*. Iako je *S. aureus* čest član ljudske mikroflore, može izazvati bolest kroz dva različita mehanizma. Jedan se temelji na sposobnosti organizma da se umnoži i širi u tkivima, a drugi na sposobnosti organizma da proizvodi ekstracelularne enzime i toksine. Infekcije koje se temelje na umnožavanju organizama značajan su problem u bolnicama i drugim zdravstvenim ustanovama, te mogu uzrokovati čireve, kožnu sepsu, postoperativnu infekciju rana, endokarditis, osteomijelitis i upalu pluća. Gastrointestinalna bolest (enterokolitis ili trovanje hranom) uzrokovana je stafilokoknim enterotoksinom stabilnim na toplinu, a karakterizira ga povraćanje, proljev, groznica, grčevi u trbuhu, neravnoteža elektrolita i gubitak tekućine. Prisutnost *S. aureus* u vodi se kontrolira konvencionalnim procesima dezinfekcije i klorinacije (17). Kako fekalni materijal nije njihov uobičajeni izvor, korištenje *E. coli* kao indikatora stafilokoka nije preporučljivo.

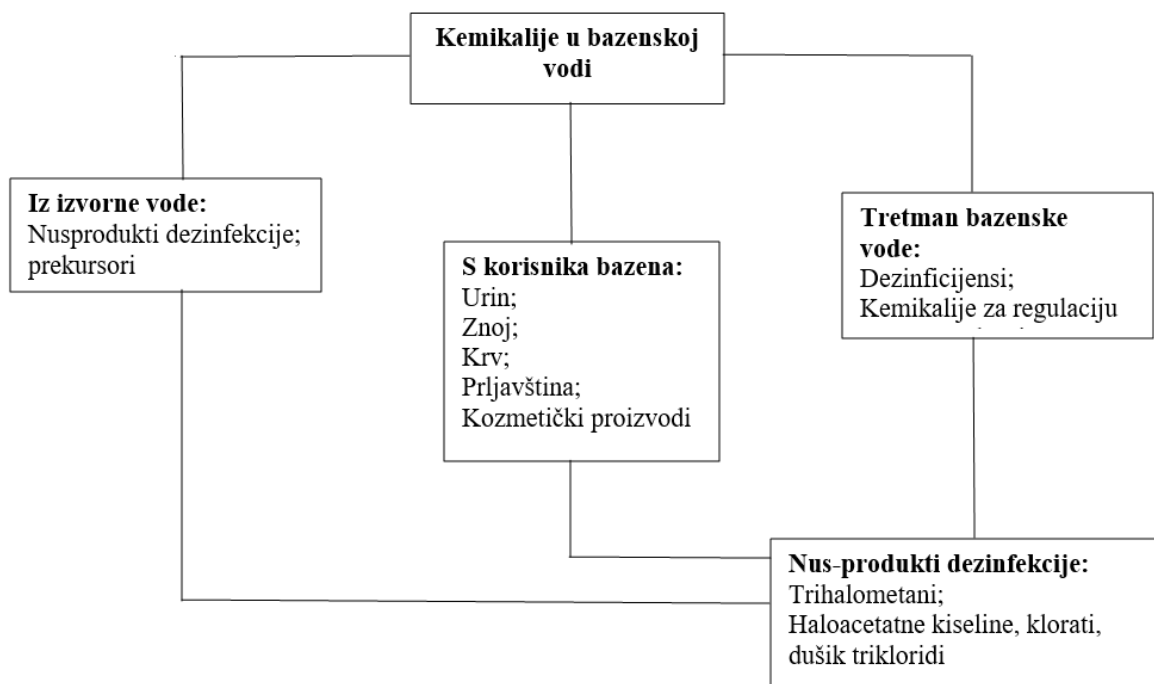
#### 1.5.5 *Legionella pneumophila*

*Legionelle* su gram-negativne, štapičaste bakterije, koje ne stvaraju spore, te zahtijevaju L-cistein za rast i primarnu izolaciju. Heterotrofne su bakterije, nalaze u različitim vrstama vodenih okruženja, a mogu se razmnožavati na temperaturama iznad 25°C. Iako se sve vrste roda *Legionella* smatraju potencijalno patogenim za ljude, *L. pneumophila* je glavni patogen koji se prenosi vodom, te je odgovoran za legionelozu. Poznata su dva klinička oblika legioneloze: Legionarska bolest i Pontijačka groznica. Najčešći put infekcije jest udisanje aerosola koji sadrži bakterije (17).

## 1.6 Kemijsko onečišćenje

Do kontaminacije bazenske vode može doći direktnim kontaktom s ljudima i onečišćivalima iz vanjskih izvora (kanalizacija, oborinske vode, poljoprivredni otpad). Brojne epidemiološke studije takvu kontaminaciju povezuju s gastrointestinalnim smetnjama i bolestima gornjih dišnih puteva kod plivača. Kemijske tvari u vodi bazena potječu iz raznih izvora (**Slika 2**), uključujući vodu koja se koristi u bazenu, namjerne dodatke vodi poput dezinfekcijskog sredstva, kao i od samih korisnika bazena (znoj, urin, ostaci sapuna, kozmetika, krema/ulje za sunčanje).

Dezinfekcijska sredstva su najčešće kemikalije koje se koriste s ciljem smanjenja rizika od mikrobiološke kontaminacije te očuvanju zdravstvenih ispravnosti bazenske vode. Kako bi se poboljšalo uklanjanje otopljenih, koloidnih ili suspendiranih čestica, u proces obrade vode mogu se dodati koagulansi. Također, u vodu se mogu dodati i kiseline i lužine, kako bi se pH održao na odgovarajućoj razini za tretman vode i ugodan osjećaj kupaća.



Slika 2. Mogući fizikalno-kemijski kontaminanti u bazenskoj vodi ili okruženju (1)

U bazenima i sličnim okruženjima razlikujemo tri glavna načina izlaganja kemikalijama: 1) direktno gutanje vode, 2) inhalacija hlapljivih ili aerosoliziranih otopljenih tvari, 3) dermalni kontakt i apsorpcija putem kože. Količina progutane vode će ovisiti o različitim čimbenicima, uključujući iskustvo u aktivnostima u takvom okruženju, dob, vještine

i vrste aktivnosti. Istraživanja su pokazala kako djeca progutaju veću količinu vode zbog svoga neiskustva i godina, kao i sportaši zbog duže izloženosti vodi. Plivači i korisnici bazena udišu zrak iz atmosfere koja se nalazi neposredno iznad površine vode, a volumen udahnutog zraka ovisi o intenzitetu napora i vremenu izloženosti. Također, zbog slabijeg protoka zraka i ventilacije korisnici zatvorenih bazena udišu zrak u širem području u usporedbi s korisnicima otvorenih bazena. Kemikalije koje potječu iz bazena će biti znatno više razrijeđene u okoliš kod bazena otvorenoga tipa (1).

Kloriranje se smatra uobičajenom metodom dezinfekcije vode za piće i bazenske vode, obzirom na učinkovitost te ekonomičnost, u usporedbi s ostalim načinima dezinfekcije. Međutim, u procesu kloriranja mogu nastati različiti nusprodukti, koji predstavljaju rizik za zdravlje ljudi. Pojedini nusprodukti su potencijalno kancerogeni, osobito halogenirani organski spojevi kao što su trihalometani (THM), halooctene kiseline (HAA) i dr. Halogenirani organski nusproizvodi nastaju kemijskom reakcijom između organske tvari u vodi i dodanog klora. Čimbenici koji utječu na reakciju su: količina organske tvari, pH, temperatura, kontaktno vrijeme između klora i organske tvari, koncentracija bromidnih iona koja utječe na vrstu kasnije nastalih trihalometana zbog reakcije supstitucije atoma klora s atomima broma (21). Svako odstupanje od propisanih vrijednosti za pojedine parametre može negativno utjecati na kvalitetu bazenske vode. Utjecaj može biti negativan i direktan, te indirektan gdje moguća odstupanja mogu dovesti do pojave drugih opasnosti, kao u slučaju nastanka nusprodukata dezinfekcije ili pojave mikrobiološkog onečišćenja.

Povišena temperatura bazenske vode stvara pogodan medij za razvoj algi i bakterija, također olakšava uklanjanje čestica kože koje se otpuštaju u bazensku vodu te služe bakterijama za daljnji razvoj ili sudjeluju u reakcijama u kojima nastaju nusprodukti dezinfekcije. Osim toga, povišena temperatura vode može izazvati pospanost plivača, te dovesti do gubitka svijesti, hipertermije i osjećaja nelagode kod kupaca (22).

Područje pH vrijednosti ima različit utjecaj na kemijske reakcije u bazenskoj vodi i okolišu. Niska pH vrijednost može uzrokovati koroziju vodoopskrbnih cijevi i filtracijskih sustava, gubitak klora, iritaciju kože i druga oboljenja kod korisnika bazena. Kod visokih pH vrijednost, može doći do taloženja čestica na dnu i zidovima bazena, u cijevima i filtracijskim sustavima (22).

Učinkovitost postupka klorinacije uvelike ovisi o području pH bazenske vode. Visoke pH vrijednosti smanjuju učinkovitost klora tako da pri vrijednostima pH iznad 8 samo 20%

klora čini hipoklorna kiselina, koja ima učinkovitije dezinfekcijsko djelovanje. Osim toga, tijelo plivača ima pH vrijednost između 7,2 i 7,8 te ako se pH vrijednost bazenske vode nalazi izvan tih parametara plivači mogu osjetiti iritaciju očiju i kože. Upravo zato, smatra se kako je najpovoljnije održavati pH u rasponu vrijednosti od 7,2-7,8 kako bi učinkovitost djelovanja klora bila na optimalnoj razini, a iritacija očiju i kože svedena na minimum (22,23).

Tablica 4. Preporučeni pH za bazensku vodu (24)

Kvaliteta vode	pH
<ul style="list-style-type: none"> <li>• smanjena efikasnost klorinacije</li> <li>• iritacija oka</li> <li>• iritacija kože</li> </ul>	>8,0
<ul style="list-style-type: none"> <li>• optimalno za komoditet oka i efikasnost dezinfekcije</li> </ul>	7,8
	7,6
	7,2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• iritacija oka</li> <li>• iritacija kože</li> <li>• korozija cijevi</li> </ul>	< 7,0

Mutnoća vode uzrokovana je prisutnošću suspendiranih tvari kao što su glina, mulj, organska i anorganska tvar, planktoni i drugi mikroskopski organizmi. Mutnoća je izraz optičkog svojstva vode koja uzrokuje raspršivanje svjetlosti i mjeri se određivanjem stupnja raspršenja svjetlosti česticama prisutnim u uzorcima (25). Mutna bazenska voda poistovjećuje se s neugodnim mirisom i okusom, te može biti opterećena hranjivim tvarima koje potiču rast mikroorganizama.

Električna vodljivost odražava ione koje su prisutni u vodi jer isti provode električnu struju. Negativni ioni se kreću na pozitivni pol, a pozitivni ioni na negativan pol. Ovi vodljivi ioni proizlaze iz otopljenih soli i anorganskih materijala kao što su lužine, kloridi, sulfidi i karbonatni spojevi. Što je više iona prisutno, veća je i vodljivost vode. Budući da je ova svojstvo povezano s prisutnošću iona u otopini, mjerenje elektronegativnosti dobar je pokazatelj za sve otopljene tvari u vodi. Destilirana ili deionizirana voda, zbog svoje vrlo niske električne vodljivosti, može djelovati kao izolator, dok s druge strane, zbog svog kemijskog sastava, morska ima visoku vodljivost. (22,26).

Obzirom da voda koja sadrži organske materijale različitog podrijetla troši određenu količinu kalijeveg permanganata ( $\text{KMnO}_4$ ) za oksidaciju, potrošnja kalijeveg permanganata se koristiti kao indirektna mjera sadržaja organske tvari u vodi. Oksidacija organskih spojeva se odvija kada se otopina  $\text{KMnO}_4$  zagrijava u kiselom mediju, pri čemu se troši određena količina permanganata, ovisno o količini organske tvari i njihovoj kemijskoj strukturi. Budući da se kalijev permanganat također snižava kada su u uzorku prisutni i drugi spojevi, ova indikatorska metoda ima ograničenja (27).

Tablica 5. Najčešća dezinfekcijska sredstva korištena u bazenima i njihovi nusproizvodi (1)

Dezinfekcijsko sredstvo	Nusproizvodi dezinfekcijskog sredstva
Klor/hipoklorit	Trihalometani
	Halooctena kiselina
	Haloketoni
	Kloral hidrat
	Kloropikrin
	Cijanogen klorid
	Klorati
	Kloramini
Ozon	Bromati
	Aldehidi
	Ketoni
	Karboksilne kiseline
	Bromoform
	Bromoform
	Bromirane octene kiseline
Klorov dioksid	Klorati
	Kloriti
Brom/Hipoklorit BCDMH	Trihalometani (većinom bromoform)
	Bromati
	bromamini

### 1.6.1 Trihalometani (THM)

Trihalometani su kontaminanti koji potječu iz spojeva koji se koriste u industrijskim procesima ili nastaju prilikom procesa klorinacije. Stoga se njihovo postojanje ne predviđa u nekloriranoj vodi, osim ako se u neposrednoj blizini nalazi izvor onečišćenja (28). Najčešći halogeni derivati ugljikovodika tzv. halometani, nastaju u vodi koja se tretira u svrhu dezinfekcije, obično u procesima koji uključuju klor. Trihalometani spadaju u takozvane nusproizvode dezinfekcije vode (eng. Disinfection by-products, DPBs), koji nastaju u vodi bazena i okolnom zraku. Poznato je kako postoji preko 600 takvih spojeva, a podijeljeni su u 3 glavne skupine: trihalometani (THM), kloramini i haloctene kiseline (HAA). Najčešći spojevi s kloriranim derivatima metana (THM) su kloroform (TCM), bromdiklormetan (BDCM), dibromklormetan (DBCM), bromoform (TBM). Obično se u bazenskoj vodi mogu pronaći najveće koncentracije kloroforma ( $\text{CHCl}_3$ ), kao posljedica upotrebe klora za dezinfekciju vode (29).

Pojava THM-a u pročišćenoj i distribuiranoj vodi varira ovisno o kvaliteti izvora vode i procesima koji se primjenjuju u postrojenju za pročišćavanje. Glavni utjecajni čimbenici stvaranja trihalometana u vodi su njihovi prekursori, kao što su organski ugljik prirodnog ili antropogenog podrijetla. Također, na količinu THM-a utjecat će i vrsta i koncentracija dezinficijensa, vrijeme kontakta, pH, temperatura vode i koncentracija bromidnih iona koji uglavnom utječu na distribuciju spojeva među četiri vrste THM-a. Općenito, veće koncentracije THM-a očekuje se kada su i vrijednosti prijašnje navedenih parametara više od odgovarajućih (30).

Bazenska voda sadrži znatno veće koncentracije THM-a, u odnosu na voda iz slavine. Kada bi plivači proveli 1 h u bazenu, bili bi izloženi razinama THM-a 141 puta većim nego onima kada bi proveli 10 min u tušu. Voda iz slavine sadrži organske tvari samo iz sirove vode, dok bazenska voda uz iste sadrži i organske tvari antropogenog podrijetla, kao što su znoj, urin i razni spojevi uneseni na tijelu plivača. Ove organske tvari su različiti dušikovi spojevi, poput što su uree, amonijaka i aminokiselina - odnosno prekursori za nastanak THM-a. Također, nerijetko se kao voda za punjenje bazena koriste površinske i podzemne voda te bi organska tvar iz površinskih voda i bromidni ioni iz podzemnih voda mogli sinergistički djelovati na stvaranje bromiranih THM-a (21).

Trihalometan je karakteriziran kao kancerogen i mutagen na temelju više istraživanja, a njegova konzumacija hranom i pićem, transdermalnim putem ili udisanjem može rezultirati različitim zdravstvenim problemima. Zbog svojih opasnih i potencijalno kancerogenih



svojtava, klorirani i bromirani trihalometani imaju zakonski propisane najveće dopuštene koncentracije (MDK) koje se moraju odrediti kako bi se utvrdio je li voda sigurna za korištenje. Prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije, najveća dopuštena koncentracija (MDK) ukupnih trihalometana u Republici Hrvatskoj i nekim drugim članicama Europske unije iznosi 100 g/L (28).

## 1.7 Zakonska regulativa

Prvi pravilnik o bazenskim vodama u Republici Hrvatskoj, Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta i zdravstvenoj ispravnosti bazenske vode (NN 107/2012,88/2014), stupio je na snagu 2012. godine. Ovaj Pravilnik je nedvojbeno utjecao na poboljšanje kvalitete bazenske vode i uvjeta u bazenskom okolišu. Propisuje sanitarno-tehničke uvjete koje bazeni moraju ispunjavati, kao što je ispravnost vode u bazenu, vrsta i opseg analize uzoraka bazenske vode, analitičke tehnike te vođenje evidencije o radu bazena. Nova verzija Pravilnika, Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta i zdravstvenoj ispravnosti bazenske vode (NN 59/2020), izlazi u svibnju 2020. godine. Ovom verzijom uvode se dvije vrste bazena: konvencionalni (to su standardni bazeni u kojima se bazenska voda priprema dezinfekcijom s rezidualnim učinkom) i biološki bazeni (vanjski bazeni u kojima se priprema bazenske vode odvija prirodnim biološkim procesima u ekosustavu mikroorganizama, biljaka i autohtonih malih životinja.)(31)

Pravilnikom utvrđuju se :

- sanitarno tehnički uvjeti kojima moraju udovoljavati bazenska kupališta,
- zdravstvena ispravnost bazenske vode,
- vrsta i obim analiza uzoraka bazenske vode te analitičke metode i
- vođenje evidencije rada bazenskog kupališta

Važno je naglasiti da se odredbe ovog Pravilnika ne odnose na vodu bazena za kupanje koja je u vlasništvu građana, bazene koji koriste vode specifičnog sastava, koje imaju medicinsku indikaciju te saune, hidromasažne kade i slično (31).

Pravilnikom je propisano da radi osiguranja zdravlja korisnika fizikalni, kemijski i mikrobiološki pokazatelji kvalitete bazenske vode moraju odgovarati uvjetima za bazensku vodu koji su propisani u Prilogu 1. Pravilnika, a prikazani su u **Tablici 6 i 7.**

Tablica 6. Mikrobiološki uvjeti za bazensku vodu u konvencionalnim bazenima (31)

Pokazatelj	Mjerna jedinice	Vrijednost	
		min.	max.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	cfu/100 ml		0
<i>Escherichia coli</i>	cfu/100 ml		0
<i>Legionella spp</i> <sup>1</sup>	cfu/100 ml		0
<i>Staphylococcus aureus</i> <sup>2</sup>	cfu/100 ml		100
Broj kolonija pri (36±)°C/(44±4)h	cfu/ml		200

<sup>1</sup>Pokazatelj se provjerava jednom godišnje u bazenima s miješanjem vode i/ili u bazenima kod kojih se može stvarati aerosol, ako je temperatura vode u bazenu  $\geq 23^{\circ}\text{C}$ . Kod bazena koji rade sezonski pokazatelj se provjerava na početku sezone kupanja

<sup>2</sup>Dva puta godišnje, u bazenima s morskom vodom

Tablica 7. Fizikalno-kemijski uvjeti za bazensku vodu u konvencionalnim bazenima (31)

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Vrijednost	
		min.	max.
Boja	Pt/Co skale		20
Mutnoća	NTU		1,0
Koncentracija vodikovih iona <sup>3</sup>	pH jedinica	6,5	7,8
Redoks potencijal prema Ag/AgCl, 3.5 M KCl, rezultat izražen prema HSE <sup>4,5</sup>	mV		
a) Slatka voda pH 6,5-7,3		>750	
pH 7,3-7,8		>770	
b) Morska voda pH 6,5-7,3		>700	
pH 7,3-7,8		>720	
Električna vodljivost (pri 20°C)	$\mu\text{S/cm}$		
Slobodni klor <sup>4,6,7,8</sup>	mg/l	0,2	1,0
Trihalometani (ukupni) <sup>9</sup>	$\mu\text{g/l}$	-	100
Klor dioksid <sup>10</sup>	mg/l	0,2	0,3
Klorit <sup>10</sup>	$\mu\text{g/l}$		400
Ozon <sup>11</sup>	mg/l		0,05

Cijanurna kiselina <sup>12</sup>	mg/l		50
----------------------------------	------	--	----

<sup>3</sup> Mjerenje na terenu ili laboratoriju.

<sup>4</sup> Mjerenje na terenu.

<sup>5</sup> U kontinuiranom mjerenju redoks potencijala, dopuštena pogreška mjerenje je 20 mV. Kod znatno nižih vrijednosti od onih navedenih u **Tablici**, mora se provjeriti rad uređaja za pripremu vode. Kod navođenja izmjerene vrijednosti mora se navesti referentna elektroda ili podatak da je vrijednost izračunata.

<sup>6</sup> Iznimno su za ograničeno vrijeme radi ispunjavanja sukladnosti s propisanim mikrobiološkim pokazateljima za bazenske vode dozvoljene više koncentracije, ali koncentracija slobodnog klora ne smije biti iznad 1,2 mg/l.

<sup>7</sup> Iznimno kod hidromasažnih kada su dozvoljene veće koncentracije slobodnog klora,, ali ne iznad 3,0 mg/l.

<sup>8</sup> U bazenima s temperaturom vode  $\geq 23^{\circ}\text{C}$  i mogućnošću aerosolizacije vode, koncentracija slobodnog klora mora biti najmanje 0,7 i ne veća od 1,0 mg/l.

<sup>9</sup> Jednom mjesečno. Trihalometani ukupni podrazumijevaju zbroj spojeva: triklorometan, tribrometan, bromodiklorometan i dibromoklorometan.

<sup>10</sup> Ako se prilikom pripreme vode upotrebljava klor dioksid.

<sup>11</sup> Ako se prilikom pripreme vode upotrebljava ozon.

<sup>12</sup> Ako se prilikom pripreme vode upotrebljavaju kloroizocijanurati

## **2 CILJ RADA**

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati i usporediti zdravstvenu ispravnost bazena punjenih slatkom i morskom vodom na području Primorsko-goranske županije u razdoblju od 2016. do 2020. godine. Analizom dostupnih mikrobioloških i fizikalno-kemijskih podataka kvalitete vode procijenjeno je u kojoj mjeri osobine slatke i morske vode utječu na rezultate. Također, predložene su mjere za poboljšanje u načinu upravljanja bazenima punjenim slatkom i morskom vodom.

### 3 MATERIJALI I METODE

Obrađeni su rezultati ukupno 4943 ispitanih uzoraka bazena različitih vrsta, smještenih u Primorsko goranskoj županiji, u razdoblju od 2016. do 2020. godine. Za potrebe analize i usporedbe podataka bazeni su podijeljeni u dvije glavne skupine: bazeni punjeni slatkom vodom (N = 3281), te bazeni punjeni morskom vodom (N = 1662). Osim glavne podjele na bazene punjene slatkom i morskom vodom, zbog detaljnije analize bazeni su također podijeljeni i prema: 1) namjeni bazena (dječji, rekreacijski, rehabilitacijski, sportski, wellness, zabavni, jacuzzi hidromasažni), 2) tipu bazena (otvoreni, zatvoreni), te prema 3) dezinfekcijskom sredstvu (klor, natrijev hipoklorit, vodikov peroksid).

#### 3.1 Fizikalno-kemijski parametri

Od fizikalno-kemijskih parametara analizirani su: temperatura, boja, mutnoća vode (HRN EN ISO 7027-1:2016), pH, elektrovodljivost permanganatni indeks, trihalometani i rezidualni klor.

Tablica 8. Metode za ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara bazenske vode (31)

PARAMETAR	METODA
Temperatura	Standard Methods 23rd Ed. 2017. 2550 B.
Boja	Standard Methods 23rd Ed. 2017.2120 C.
Mutnoća	HRN EN ISO 7027-1:2016
pH	HRN EN ISO 10523:2012
Električna vodljivost	HRN EN 27888:2008
Permanganatni indeks	HRN EN ISO 8467:2001
Trihalometani	HRN EN ISO 10301:2002
Rezidualni klor	HRN EN ISO 7393-2:2018

##### 3.1.1 Temperatura

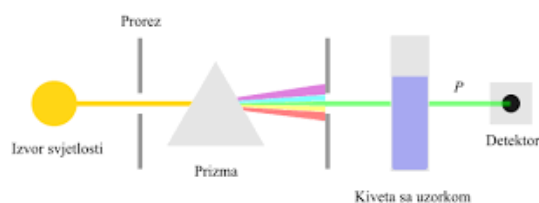
Ispitivanje temperature vode provodi se prema metodi opisanoj u Standard Methods 23rd Ed. 2017. 2550 B. Razlog zašto se temperatura kontrolira je taj što više temperature potiču rast algi, koje kasnije mogu razviti otpornost na klor i biti eliminirane algicidima.

Za konvencionalne bazene ne postoji točno propisana minimalna temperatura vode. U plivačkim bazenima optimalni temperaturni raspon jest 25-26°C, dok je u rekreacijskim

bazenima 28-30°C. Mehanizam za kontrolu temperature automatski prilagođava protok kroz izmjenjivač kako bi održao temperaturu vode u bazenu unutar 0,5°C od željene razine (32).

### 3.1.2 Boja

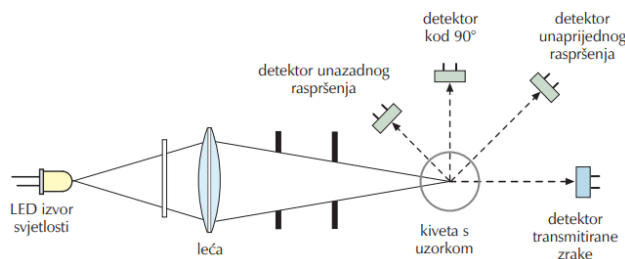
Metoda korištena za ispitivanje boje opisana je u Standard methods 23rd Ed. 2017.2120 C., odnosno određuje se spektrofotometrijski na valnoj duljini između 250 i 465 nm, s otopinama platine i kobalta kao standardima. Vrijednosti za boju analiziranih uzoraka i standarda platina-kobalt slijede Lambert-Beerov zakon (33).



Slika 3. Pojednostavljena shema rada UV-VIS spektrofotometra

### 3.1.3 Mutnoća

Mutnoća se određuje prema normi HRN EN ISO 7027-1:2016, koja razlikuje dvije kvantitativne metode koje koriste optičke turbidimetre i nefelometre. Turbidimetrija je postupak za mjerenje prigušenja toka zračenja, primjenjiv na jače zamućene vode (otpadne vode ili dr.) (34). Nefelometrija – postupak koji se koristi za mjerenje difuznog zračenja, primjenjiv je na vodu niske zamućenosti (npr. pitka voda).



Slika 4. Shema rada turbidimetra (35)

Nefelometrija je optička analitička tehnika za određivanje koncentracije tvari koje su suspendirane u nekoj kapljevini ili plinu u obliku sitnih čestica. Temelji se na Tyndallovu efektu a izvodi se s fotoelektričnim mjerenjem intenziteta svjetlosti raspršene na česticama. Ova metoda uspoređuje količinu svjetlosti koju je raspršio uzorak pod određenim uvjetima s količinom svjetlosti koju je raspršila standardna referentna suspenzija pod istim uvjetima.

Glavna referentna suspenzija jest polimer formazin, te zadanu koncentraciju suspenzije formazina karakterizira zamućenost od 4000 NTU (engl. *nephelometric turbidity unit*) (33,35).

#### **3.1.4 pH**

Vrijednost pH određuje se prema normi HRN EN ISO 10523:2012. Norma utvrđuje metodu za određivanje pH vrijednosti u kišnici, pitkoj i mineralnoj vodi, vodi za kupanje, površinskim i podzemnim vodama, kao i komunalnim i industrijskim otpadnim vodama i tekućem mulju, unutar raspona pH od 2 do 12 s ionskom jakosti ispod  $I=0,3$  mol/kg (vodljivost na  $25^{\circ}\text{C}$   $\leq$  2000 mS/m) otapala i u temperaturnom rasponu od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $50^{\circ}\text{C}$  (36).

Uređaj koji se koristi za mjerenje pH naziva se pH metar. Prije mjerenja uređaj mora biti kalibriran na određenu vrijednost kako bi mjerenje bilo precizno. Uzorak bazenske vode ulijemo u posudu u koju ćemo uroniti sondu pH metra. Prije uranjanja, sondu je potrebno isprati destiliranom vodom i osušiti. Nakon što se sonda stavi u uzorak, pričekava se da se mjerenje stabilizira te se očita vrijednost pH.

#### **3.1.5 Električna vodljivost**

Električna vodljivost bazenske vode određena je prema normi HRN EN 27888:2008. Uređaj koji se koristio jest konduktometar a mjerna jedinica električne vodljivosti jest simens po metru S/m, no u laboratoriju se češće koristi  $\mu\text{S}/\text{cm}$  što je i u ovome istraživanju bio slučaj. Također, konduktometar može mjeriti i ukupno otopljene tvar (TDS), što označava količinu mobilnih nabijenih iona u vodi iskazanim u mg/l ili ppm, i otpor koji je recipročna vrijednost električne vodljivost (ppm) (37).

#### **3.1.6 Permanganatni indeks**

Permanganatni indeks se određivao prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 8467:2001, koja se odnosi na metodu titrimetrije. Uzorak se zagrijava kipućoj vodenoj kupelji s kalijevim permanganatom i sumpornom kiselinom tijekom određenog vremenskog razdoblja (10 min), dio permanganata se reducira oksidirajućim materijalom u uzorku, a potrošeni permanganat se određuje dodavanjem viška otopine oksalata nakon čega slijedi titracija s permanganatom. Metoda se odnosi na vode sa sadržajem kloridnih iona manjim od 300 mg/l. Prije analize potrebno je razrijediti uzorke s permanganatnim indeksom većim od 10 mg/l. Idealni raspon testa ima donju granicu od 0,5 mg/l (38).

#### **3.1.7 Trihalometani (ukupni)**

Ukupni trihalometani određivali su se prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 10301:2002, koja opisuje metodu plinske kromatografije. Uzorak koji se injektira u uređaj ulazi

u mobilnu fazu koja je prenosi do cijevi za separaciju, poznatu kao "kolona". Kao mobilna fazu ili plinski nosioc koristi se najčešće helij ili dušik. U koloni dolazi do separacije na različite komponente, te detektor mjeri količinu komponenti koje izlaze iz kolone. Analiza standardnih uzoraka s poznatim koncentracijama željenog analita je neophodna prije procjene količine analita u nepoznatom uzorku. Koncentracija nepoznatog uzorka određuje se usporedbom vremena retencije i površine ispod pika komponenata unutar standardnog uzorka s onima u nepoznatom uzorku (39,40).

### 3.1.8 Rezidualni klor

Količine rezidualnog klora bile su određivane prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 7393-2:2018. Ova norma utvrđuje metodu za određivanje klora i ukupnog klora u vodi, te je lako primjenjiva u laboratorijskim i terenskim ispitivanjima. Temelji se na mjerenju apsorpcije, crvenog DPD kompleksa boja u fotometru ili intenzitetu boje vizualnom usporedbom boje s ljestvicom standarda koja se redovito kalibrira (41).

## 3.2 Mikrobiološki parametri

Od mikrobioloških parametara analizirani su: ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C/48 h (UBB), *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Legionella pneumophila*.

Tablica 9. Metode za ispitivanje mikrobioloških parametara bazenske vode (31)

PARAMETAR	METODA
Ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C/48h	HRN EN ISO 6222:2000
<i>Escherichia coli</i>	HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	HRN EN ISO 16266:2008
<i>Staphylococcus aureus</i>	APHA, Standard methods 9213 B, 2017; 23rd. Ed.
<i>Legionella pneumophila</i>	HRN EN ISO 11731:2017

### 3.2.1 Ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°/48h

Ukupan broj aerobnih bakterija je bio određivan prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 6222:2000, naciepljivanjem na hranjivi agar pri temperaturi inkubacije od 37°C tijekom 48 h (42).



### **3.2.2 *Escherichia coli***

Dokazivanje i brojanje *E.coli* se provodilo sukladno normi HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017, koja opisuje tehniku membranske filtracije za vode s niskom pozadinom bakterijske flore.

### **3.2.3 *Pseudomonas aeruginosa***

U svrhu dokazivanja i određivanja broja *P. aeruginosa* korištena je metoda membranske filtracije u skladu s normom HRN EN ISO 16266:2008. Navedena norma utvrđuje metodu za izolaciju i brojanje *P. aeruginosa* u uzorcima flaširane vode, no ova metoda se također može primijeniti i na druge vrste vode s niskom pozadinskom florom, kao što je to slučaj s bazenskom voda (43).

### **3.2.4 *Staphylococcus aureus***

Za dokazivanje i određivanje *S. aureus* u vodi nije dostupna ISO norma, te je korištena metoda opisana u APHA, Standard methods 9213 B, 2017; 23rd. Ed.

### **3.2.5 *Legionella pneumophila***

Za dokazivanje i određivanje *Legionelle pneumophila* korištena je metoda opisana u međunarodnoj normi HRN EN ISO 11731:2017.

## **3.3 Statistička obrada podataka**

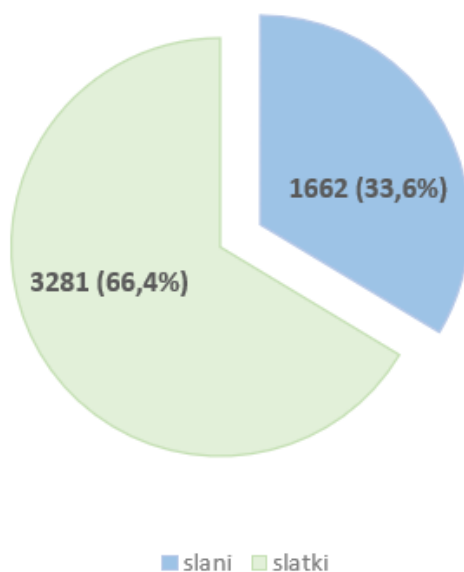
Prilikom obrade statističkih podataka mogu se koristiti parametrijski ili neparametrijski testovi, ovisno o broju podataka, homogenosti varijance te distribuciji podataka. Normalna distribucija podataka preduvjet je za korištenje parametrijskog testiranja. Normalnost raspodjele podataka testirana je pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa.

Rezultati su prikazani pomoću deskriptivne statistike, relativnom frekvencijom, aritmetičkom sredinom (AS) i medijanom kao mjerama središnje vrijednosti, standardnom devijacijom (SD), interkvartilnim rasponom (IKR), standardnom pogreškom aritmetičke sredine (SE), te rasponom podataka (min. i maks.) kao mjerama raspršenosti podataka.

Za statističku obradu podataka korišteni su neparametrijski testovi (Spearmanova korelacijska analiza, Mann Whitney U test i Kruskal-Wallis H test), obzirom da podaci korišteni u ovom istraživanju ne slijede Gaussovu distribuciju podataka, statistički su obrađeni u računalnom programu TIBCO Statistica 14.0.0.15 (Stat.Sof.Inc., Tulsa, SAD), uz razinu značajnosti od  $P < 0,05$  i Windows Excel verzija 2016 (Microsoft Home Office, Redmond, WA, USA).

## 4 REZULTATI

U petogodišnjem razdoblju (2016.-2022.) obrađeno je 4943 uzorka (**Slika 5**) bazenske vode iz različitih vrsta bazena smještenih na području Primorsko-goranske županije. Uspoređeni su pokazatelji kvalitete bazenske vode dva različita matriksa: bazena punjenih slatkom vodom i bazena punjenih morskom vodom. Na **Slici 5** prikazan je udio ispitanih uzoraka iz morskih i slatkovodnih bazena u PGŽ.



Slika 5. Broj i udio (%) ispitanih uzoraka bazena punjenih s morskom i slatkom vodom

Neparametrijskim Mann-Whitney U testom uspoređeni su parametri između bazenske slatke i slane vode (**Tablica 10**). Na intervalu pouzdanosti (p) od 0,05 statistički značajna razlika je uočena između vrijednosti temperature, elektrovodljivosti, trihalometana, rezidualnog klora i broja *Pseudomonas aeruginosa*. Vrijednosti za temperaturu, elektrovodljivost i trihalometane su bile veće kod morske vode, dok je rezidualni klor i *P. aeruginosa* bio manji u odnosu na slatku vodu.

Tablica 10. Test sume rangova (Mann-Whitney U test). Varijable (slatka voda/ slana voda). Interval pouzdanosti  $p < 0,05$

Parametar	Zbroj ranga (slana voda)	Zbroj ranga (slatka voda)	U- vrijednost	Z- vrijednost	P- vrijednost	Z-vrijednost (prilagođeno)	p-vrijednost	Valid N	Valid N
Temperatura	3740599	8325730	2376873	-6,7111	0,000000	-6,7143	0,000000	1651	3261
Boja	3529246	7330884	2370243	-0,4127	0,679840	-0,6487	0,516563	1522	3138
Mutnoća	3476383	7397734	2314333	-1,7993	0,071974	-1,7997	0,071913	1524	3139
pH	3614271	7273840	2336187	1,3444	0,178821	1,3495	0,177190	1524	3142
Elektrovodljivost	5841720	5102461	142786	52,2661	0,000000	52,2661	0,000000	1529	3149
KMnO <sub>4</sub>	3563705	7032401	2284580	1,4160	0,156781	1,4167	0,156581	1522	3081
Trihalometani	2372708	3236867	956687	12,6122	0,000000	12,6126	0,000000	1214	2135
Rezidualni klor	3465488	8182064	2132960	-10,3372	0,000000	-10,3380	0,000000	1632	3194
UBB/37°C	3680163	7679599	2461022	-0,9080	0,363865	-1,0073	0,313786	1561	3205
<i>Escherichia coli</i>	3717993	7622710	2497909	0,0106	0,991562	0,0414	0,966988	1561	3201
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3646346	7689595	2427205	-1,5811	0,113857	-4,4043	0,000011	1561	3200
<i>Staphylococcus aureus</i>	1267530	166441	146277	-0,0666	0,946916	-0,2913	0,770785	1497	196
<i>Legionella pneumophilla</i>	65831	173947	47495	-0,1489	0,881643	-0,6872	0,491927	191	501

Dopuštena razina trihalometana u bazenskoj vodi određena Pravilnikom (NN 58/2020) iznosi 100 µg/l. Od ukupno 3349 uzoraka bazenske vode u kojima je ispitana koncentracija trihalometana, 746 (22,2%) je imalo vrijednost iznad dopuštenih granica (**Tablica 11**). Veći udio THM-nesukladnih uzoraka zabilježen je kod slane vode (29,3%), u odnosu na slatku (18,1%).

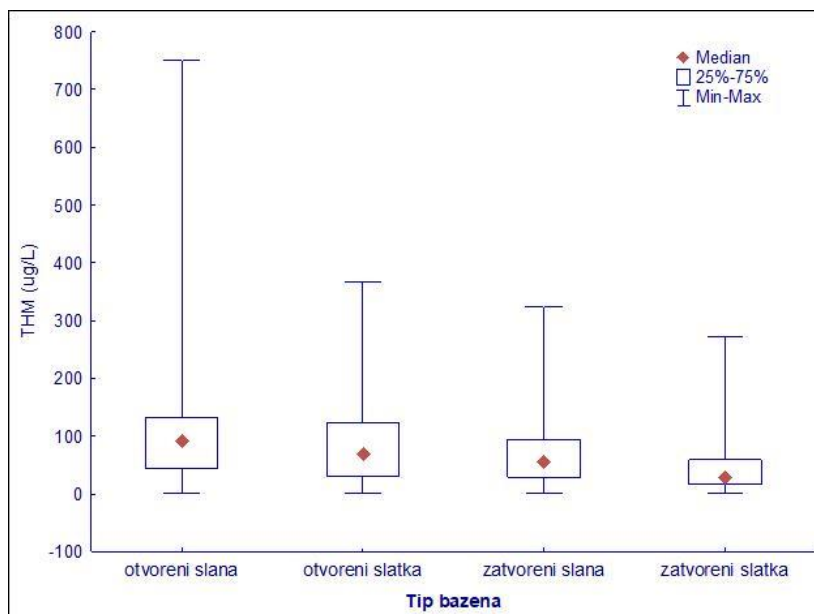
Tablica 11. Uzorci bazenske vode s razinama trihalometana iznad dopuštene razine (100 µg/l)

Vrsta bazenske vode	Broj uzoraka	N >100 µg/l	%
slana+slatka	3349	746	22,2
slana	1214	356	29,3
slatka	2135	386	18,1

Osim podjele na slatke i slane, uzorci su dodatno kategorizirani na one iz bazena otvorenog i zatvorenog tipa. Najveći udio uzoraka koji su prelazili dopuštene razine ukupnih trihalometana u bazenskoj vodi (42,6%) imali su bazeni otvorenog tipa punjeni morskom vodom, dok je najmanji udio zabilježen kod uzoraka iz bazena zatvorenog tipa sa slatkom vodom (9,5%) (**Tablica 12**)

Tablica 12. Uzorci bazenske vode s razinama trihalometana iznad dopuštene razine (100 µg/l), uz podjelu na bazene otvorenog i zatvorenog tipa

Vrsta bazena	Broj uzoraka	>100 µg/l	%
otvoreni slana	500	213	42,6
otvoreni slatka	761	256	33,6
zatvoreni slana	714	146	20,4
zatvoreni slatka	1374	130	9,5
Σ	3349	745	22,2

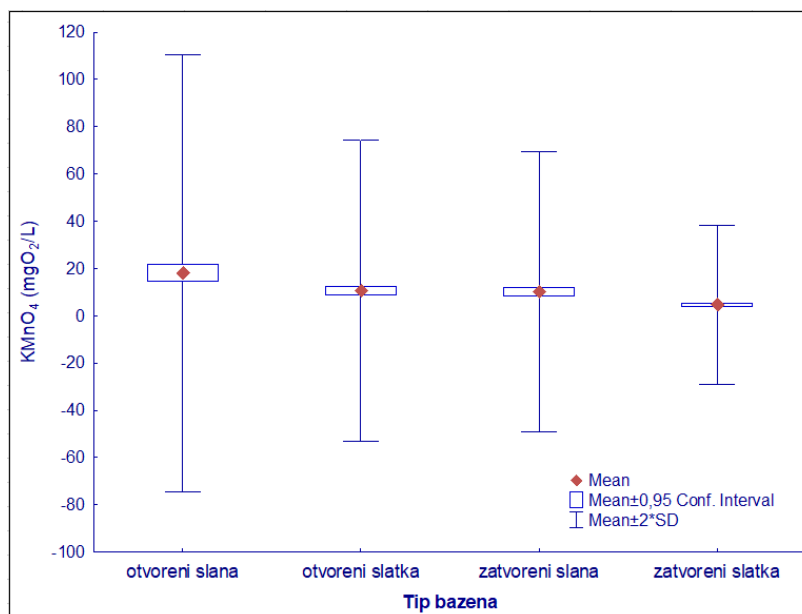


Slika 6. Medijan za ukupne trihalometane ( $\mu\text{g/l}$ ) u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog tipa, s prvim (25%) i trećim kvartilom (75%) i rasponom podataka (minimum i maksimum podataka), u razdoblju od 2016.-2020. godine (Kruskal-Wallis H test)

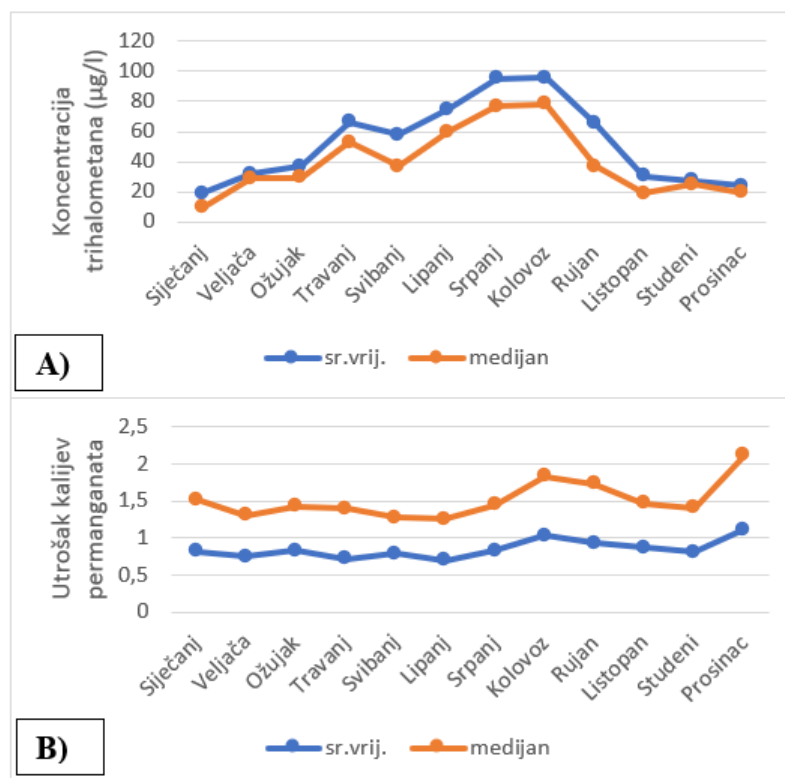
Vrijednosti utroška kalijevog permanganata statistički su se razlikovali između svih tipova bazen, izuzev kod otvorenog bazena s morskom vodom i otvorenog bazena sa slatkom vodom (**Tablica 13**).

Tablica 13. Kruskal-Wallis H test. Usporedba vrijednosti kalijevog permanganata između bazena s morskom i slatkom vodom, odnosno bazena otvorenog i zatvorenog tipa

	otvoreni morska R:2186,8	otvoreni slatka R:2040,0	zatvoreni morska R:2451,0	zatvoreni slatka R:2445,9
otvoreni morska		0,143269	0,000796	0,000143
otvoreni slatka	0,143269		0,000000	0,000000
zatvoreni morska	0,000796	0,000000		1,000000
zatvoreni slatka	0,000143	0,000000	1,000000	

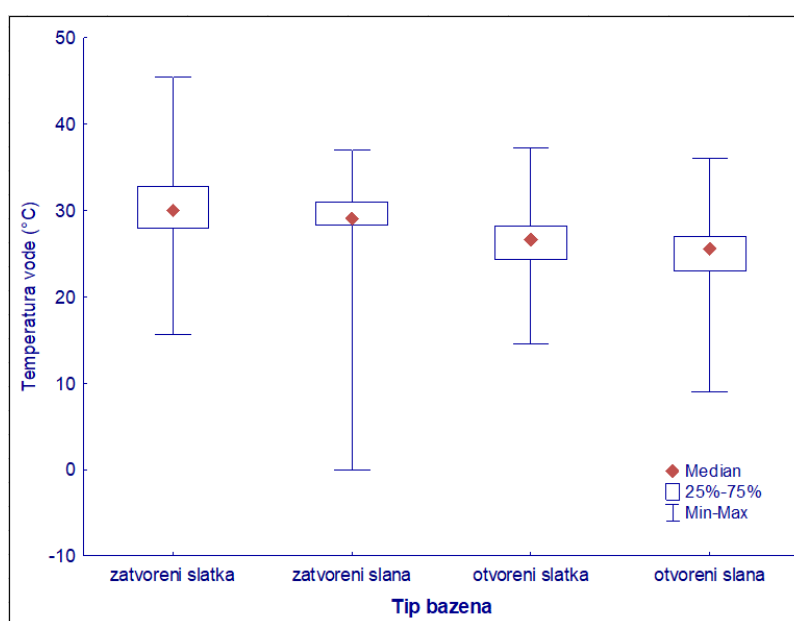


Slika 7. Srednja vrijednost za permanganatni indeks u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog, sa standardnom devijacijom (SD) i 95%-tnim intervalom pouzdanosti (Kruskal-Wallis H test)



Slika 8. Medijan i srednja vrijednost za A) trihalometane i B) utrošeni kalijev permanganat po mjesecima 2017. godine

**Slika 8** prikazuje srednje vrijednosti temperature vode u bazenima punjenim slatkom i morskom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog tipa. Uzorci bazenske vode su bili dostupni iz razdoblju od 2016.-2020. godine, no zbog najvećeg broja uzoraka i dobre raspoređenosti po mjesecima u primjeru na **Slici 8** uzeti su ispitani uzorci iz 2017. godine. Najveća prosječna temperatura je bila kod bazena zatvorenog tipa i sa slatkom vodom (30,2°C) dok je najmanja bila kod onih otvorenog tipa i s morskom vodom (24,7°C). Statistički značajna razlika za temperaturu je uočena kod svih uzoraka, osim između onih iz bazena zatvorenog tipa s morskom i slatkom vodom (**Tablica 13**).

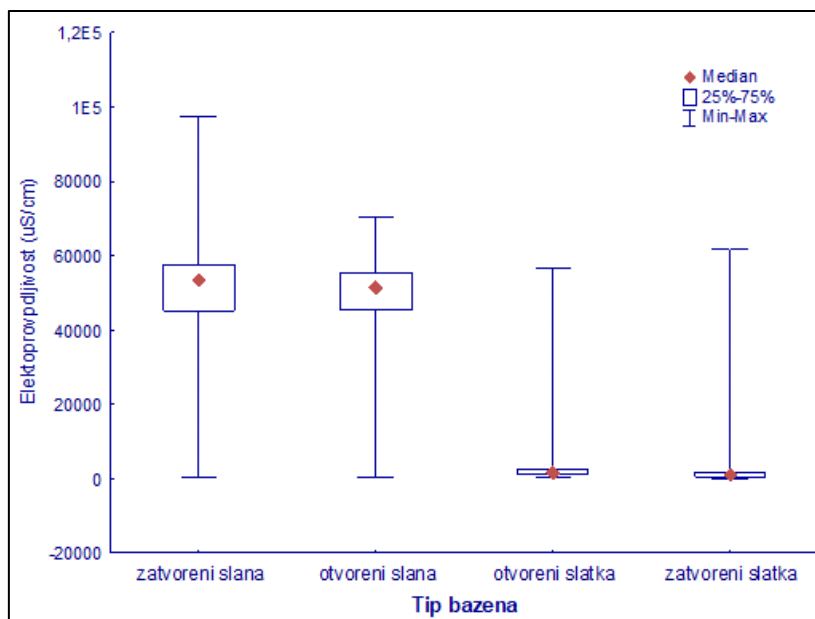


Slika 9. Srednje vrijednost temperature vode u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog tipa, s prvim (25%) i trećim kvartilom (75%) i rasponom podataka (minimum i maksimum podataka), u razdoblju od 2016.-2020. godine (Kruskal-Wallis H test)

Tablica 14. Usporedba vrijednosti temperature vode između bazena s morskom i slatkom vodom, odnosno bazena otvorenog i zatvorenog tipa (Kruskal-Wallis H test)

	Otvoreni morska R:1163,0	otvoreni slatka R:1589,4	zatvoreni morska R:3091,5	zatvoreni slatka R:3206,0
otvoreni slana		0,000000	0,000000	0,000000
otvoreni slatka	0,000000		0,000000	0,000000
zatvoreni slana	0,000000	0,000000		0,251193
Zatvoreni slatka	0,000000	0,000000	0,251193	

Na **Slici 10** prikazane su srednje vrijednosti električne provodljivosti vode u bazenima punjenim slakom i morskom vodom, odnosno otvorenog i zatvorenog tipa, u razdoblju mjerenja od 2016.-2020. godine. Mjerenjem električne provodljivosti bazenske vode stječe se uvid u koncentraciju otopljenih tvari u njoj, što uključuje bromidne ione, koji utječu na nastanak trihalometana. Kao što je vidljivo na **Slici 10** električna provodljivost je bila najveća u bazenima punjenim s morskom vodom, koji su ujedno i imala najveće koncentracije trihalometana.



Slika 10. Srednja vrijednost električne vodljivosti vode u bazenima punjenim morskom i slatkim vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog tipa, s prvim (25%) i trećim kvartilom (75%) i rasponom podataka (minimum i maksimum podataka), u razdoblju od 2016.-2020. godine (Kruskal-Wallis H test)

U **Tablici 15** navedeni su pozitivni uzorci na ispitivane mikrobiološke pokazatelje te raspon vrijednosti utvrđenih koncentracija.

*Legionella spp.* najčešće je prisutna u zatvorenim slatkim bazenima, s najvećom utvrđenom koncentracijom u otvorenom slanom bazenu (1200 cfu/1000 mL). Iako je obaveza ispitivanje pokazatelja *S. aureus* propisana samo za slanu vodu, dostupni su nam podaci za obje vrste bazena. Rezultati ukazuju da se ova bakterija značajno češće, i u višim koncentracijama, javlja u slanoj vodi u odnosu na slatku (maksimalno do 980 cfu/100 mL). Pojavnost *P. aeruginosa* najveća je u zatvorenim slatkim bazenima u kojima se javlja u koncentraciji do 2000 cfu/100 mL. *E.coli* se podjednako javlja u svim vrstama i tipovima bazena, nešto češće i



u višoj koncentraciji u otvorenim slatkim bazenima. UBB/37°C je najviše prisutan u koncentraciji koja prelazi Pravilnikom (NN 59/2020) dozvoljenu (200 cfu/mL) u zatvorenim slatkim bazenima, u kojima se javlja u koncentraciji do 2000 cfu/mL.

Tablica 15. Broj pozitivnih uzoraka na mikrobiološke pokazatelje kvalitete bazenske vode kod bazena punjenih slatkom i morskom vodom, odnosno kod bazena otvorenog i zatvorenog tipa, u razdoblju mjerenje od 2016.-2020. g.

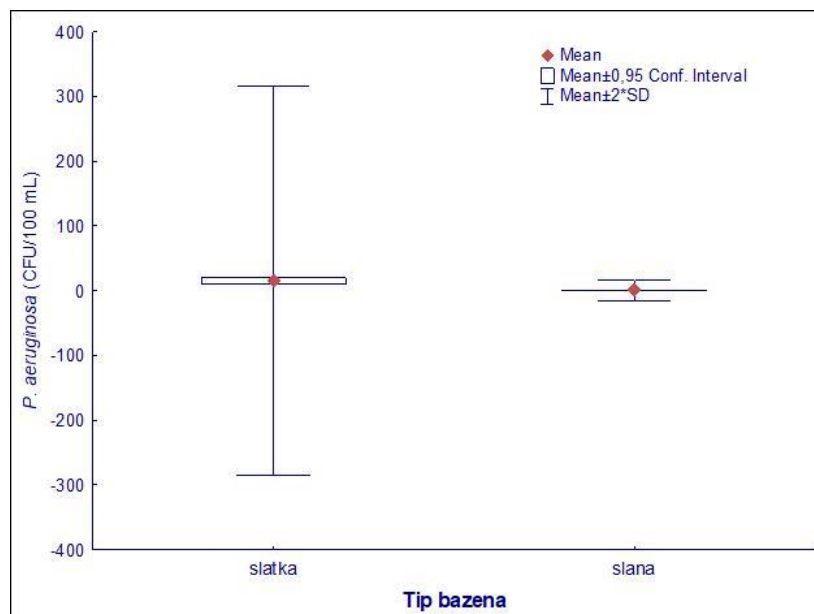
	<i>Legionella spp.</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Escherichia coli</i>	UBB/37°C
<b>Ukupno pozitivnih</b>	11	30	214	106	2043
<b>Zatvoreni slatka</b>	9 (10-700 cfu/1000 mL)	4 (1-6 cfu/100 mL)	103 (1-2000 cfu/100 mL)	31 (1-130 cfu/100 mL)	798 (1-2500 cfu/mL)
<b>Zatvoreni slana</b>	1 (600 /1000 mL)	18 (1-980 cfu/100 mL)	18 (1-130 cfu/100 mL)	13 (1-50 cfu/100 mL)	390 (1-2000 cfu/mL)
<b>Otvoreni slana</b>	1 (1200 /1000 mL)	8 (1-130 cfu/100 mL)	23 (1-260 cfu/100 mL)	22 (0-56 cfu/100 mL)	283 (1-2200 cfu/mL)
<b>Otvoreni slatka</b>	-	-	50 (1-2000 cfu/100 mL)	40 (1-160 cfu/100 mL)	572 (1-2500 cfu/mL)

**Tablica 16** prikazuje prosječne vrijednosti broja *P. aeruginosa* u bazenskoj vodi ovisno o dezinfekcijskom sredstvu koje se koristilo, u razdoblju mjerenja od 2016.-2020. godine.

Tablica 16. Prosječna vrijednost broja *P. aeruginosa* (cfu/100 ml) u bazenskoj vodi ovisno o korištenom dezinfekcijskom sredstvu

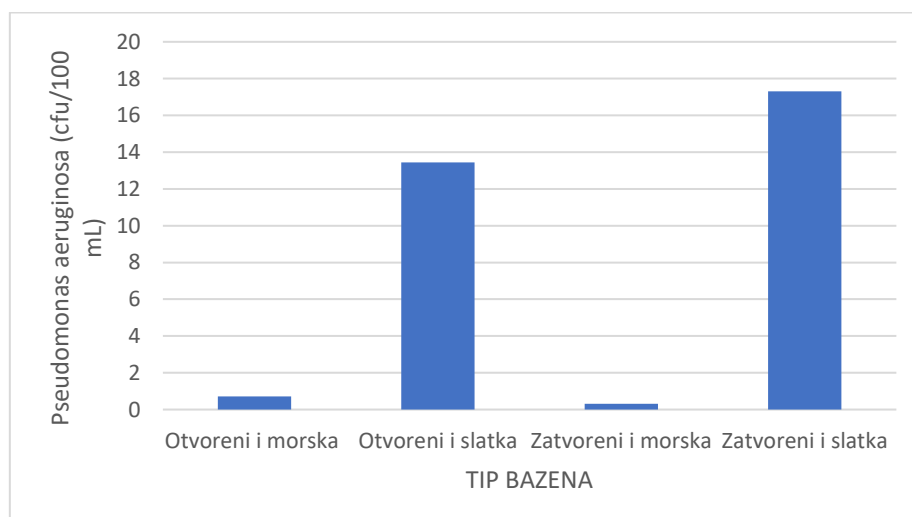
<b>Dezinfekcijsko sredstvo</b>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ( $\bar{x}$ )
Vodikov peroksid	78,46 cfu/100 ml
Natrijev hipoklorit	11,37 cfu/100 ml
Klor	2,33 cfu/100 ml

**Slika 11** prikazuje srednju vrijednost broja kolonija *P. aeruginosa* u bazenima punjenim slatkom i morskom vodom.



Slika 11. Srednja vrijednost koncentracije *P. aeruginosa* u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, sa standardnom devijacijom (SD) i 95%-tnim intervalom pouzdanosti, u razdoblju od 2016.-2020. godine (Mann-Whitney U test)

Uzimajući u obzir i tip bazena (otvoreni/zatvoreni), prosječni broj *P. aeruginosa* bio je najveći u zatvorenim bazenima sa slatkom vodom (17,3 cfu/100mL), a najmanji kod zatvorenog bazena s morskom vodom (0,31 cfu/100 mL), **Slika 12**.



Slika 12. Prosječna vrijednost *P. aeruginosa* u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno otvorenog i zatvorenog tipa, u razdoblju od 2016.-2020. godine

## 5 RASPRAVA

Popularnost bazena raste iz godine u godinu te njihov broj kontinuirano raste. Uz one na javnim površinama, učestalije se grade i uz obiteljske kuće ili vikendice, u hotelima ili pak u kućama za odmor kao dio turističke ponude. Međutim, osim evidentnih pozitivnih učinaka kupanja i plivanja, korištenje bazena sa sobom nosi različite zdravstvene opasnosti. Ukoliko se korisnici ne pridržavaju mjera prije ulaska u bazen te ako se bazenska voda ne tretira na odgovarajući način može doći do različitih bolesti ili ozljeda. Rizik od infekcije raste sa smanjivanjem volumena bazena te povećanjem broja korisnika zbog povećane koncentracije mogućih uzročnika.

U ovome istraživanju analizirano je 4943 uzorka s područja Primorsko-goranske županije u razdoblju od 2016.-2020. godine. Od ukupnog broja uzoraka, 3281 (66,4%) bili su uzorci iz bazena punjenih slatkom vodom, dok su ostatak od 1662 (33,2%) činili uzorci iz bazena s morskom vodom. Ukupno je analizirano 13 parametara kvalitete bazenske vode (fizikalno-kemijski i mikrobiološki). Statistički značajna razlika uočena je kod njih pet. Četiri fizikalno-kemijska pokazatelja: temperatura, elektrovodljivost, ukupni trihalometani, rezidualni klor te jedan mikrobiološki, *P. aeruginosa*. Morska voda imala je veće vrijednosti za temperaturu, elektrovodljivost i ukupne trihalometane, dok je koncentracija rezidualnog klora i broj *P. aeruginosa* bio u manji u odnosu na slatku vodu.

Prema istraživanju Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo iz 2017.godine, na razini Republike Hrvatske čak 18% ukupnih uzoraka je bilo zdravstveno neispravno (neovisno jesu li bazeni bili punjeni morskom ili slatkom vodom). Analizirano je ukupno 7742 uzoraka bazenske vode, 1128 javnih bazena, od kojih je najveći udio činila slatka voda (84,8%) a nešto manje morska (15,2%). Prisutnost *P. aeruginosa* (4,6% neispravnih uzoraka) i visoka koncentracija trihalometana (9,9% neispravnih uzoraka) navedeni su kao najčešći uzroci neispravnosti bazenske vode. Također, rezultati istraživanja su utvrdili kako je veći postotak zdravstveno neispravnih uzoraka bio iz bazena punjenih morskom vodom u odnosu na one sa slatkom (44). Ti rezultati u skladu su s našim rezultatima, koji također govore da je kod najvećeg broja neispravnih uzoraka razlog bio visoka koncentracija trihalometana (15%) ili prisustvo *P. aeruginosa* (4,3%).

Halogeni derivati ugljikovodika, tzv. trihalometani nastaju u vodi tretiranoj u svrhu dezinfekcije – uglavnom pri upotrebi spojeva klora. Prekursori stvaranja trihalometana u vodi su organski ugljik prirodnog ili antropogenog podrijetla. Stoga, pri analizi procesa stvaranja

ovih spojeva treba uzeti u obzir koncentraciju njihovih prekursora u vodi. Trihalometani su kategorizirani kao kancerogeni i mutageni na temelju više studija, te zbog toga predstavljaju javno zdravstvenu brigu (21,45,46).

U istraživanju provedenom 2017. godine na području grada Opole, u Poljskoj, analizirani su uzorci s pet različitih zatvorenih bazena s ciljem određivanja koncentracije trihalometana. Posjećenost bazena bila je relativno velika s obzirom na njihovu veličinu (45-500 korisnika po danu). Ovako velik broj korisnika podrazumijeva potrebu povećane upotrebe dezinfekcijskih sredstava kako bi se održala zdravstvena ispravnost vode. Međutim, s većim brojem korisnika dolazi i do veće organske opterećenosti bazenske vode što na kraju rezultira i većim koncentracijama nusproizvoda dezinfekcije (THM). Uspoređujući rezultate analiziranih uzoraka s граниčnim vrijednostima za bazensku vodu (100 µg/l) uočilo se kako veliki broj uzoraka nije zadovoljio propisane zahtjeve kvalitete bazenske vode. Koncentracija trihalometana u ispitanim uzorcima kretala se je od 27,6-278,6 µg/l, pri čemu su primjerice sva tri uzeta uzorka iz jednoga bazena prelazila dopuštenu koncentraciju. Autori navedenog članka su ovakve nesukladne rezultate povezali s neadekvatnim sustavom sanitacije bazena. U slučaju jednog bazena, korišten je običan sanitarni sustav koji se temelji na šljunčanim, pješćanim i antracitnim filtrima. U literaturi su navedeni podaci kako su takve vrste filtera najmanje učinkovite kada je u pitanju uklanjanje organskih tvari iz vode (47).

Istraživanje provedeno u Londonu 2002. godine također prikazuje koncentracije trihalometana iznad dopuštenih granica u velikom broju analiziranih uzoraka bazenske vode. Minimalna koncentracija trihalometana u analiziranim uzorcima je iznosila 57 µg/l, a najveća 222,5 µg/l, te je srednja vrijednost iznosila 132,5 µg/l značajno iznad dopuštene granice od 100 µg/l (48). Za usporedbu, prosječna vrijednost ukupnih trihalometana svih uzoraka našeg istraživanja je iznosila 67,3 µg/l. Također, prema istraživanju iz Londona uočena je pozitivna korelacija između trihalometana i ukupnih organskih spojeva, temperature i broja ljudi na bazenu. Rezultati našeg istraživanja pokazuju sličan ishod, te je statistički značajna pozitivna korelacija također uočena između trihalometana i organskog opterećenja (permanganatni indeks), te dodatno još i s elektrovodljivošću i rezidualnim klorom.

Kako je organska tvar prekursor stvaranja trihalometana u bazenskoj vodi a permanganatni indeks indirektan pokazatelj prisutnosti organske tvari, njihove vrijednosti bi trebala biti povezane što nam i prikazuje slika 9. U ljetnom periodu kada je korištenje bazena povećano mogu se primijetiti i povećane vrijednosti za permanganatni indeks kao i razinu trihalometana. Korelacija nije snažna jer je organski materijal samo jedan od faktora koji utječe

na nastanak trihalometana. Istraživanjem iz 2020. godine na vodocrpilištu Bartolovec je također bila uočena korelacija između ova dva parametra. Dobiveni rezultati jasno pokazuju da su varijacije u koncentracijama trihalometana bile povezane s promjenom koncentracije organskih spojeva u vodi. Tijekom ljetnog perioda vidljiv je trend rasta u odnosu na silazni trend u hladnijem razdoblju, što je karakteristično za regije s umjerenom klimom (28).

Električna provodljivost u pozitivnoj je korelaciji s koncentracijom trihalometana. Mjerenjem električne provodljivost bazenske vode stječe se uvid u koncentraciju otopljenih tvari u njoj, što uključuje bromidne ione, a koji utječu na nastanak trihalometana. U ovome istraživanju je najveća uočena pozitivna korelacija upravo bila između vrijednosti za električnu provodljivost i trihalometane ( $r_s=0,34$ ), što bi značilo da se povećanjem vrijednosti jednog parametra povećava i druga. Analizirane vrijednosti za električnu provodljivost su bile najveće kod bazena punjenih s morskom vodom, koji su ujedno i imali najveće koncentracije trihalometana (**Slika 10**).

Održavanje potrebne koncentracije rezidualnog klora u bazenskoj vodi u svakom trenutku je izazovno, no neophodno za održavanje vode zdravstveno ispravnom. Koncentracije rezidualnog klora mogu značajno varirati, što predstavlja problem. S jedne strane, mora se održavati dovoljna količina rezidualnog klora kako bi se inaktivirali patogeni, no s druge strane predugo zadržavanje visoke koncentracije rezidualnog klora može dovesti do neželjenih pojava, poput iritativnog dermatitisa i stvaranja trihalometana. Dozvoljene granice za rezidualni klor variraju po državama i regijama, gdje su primjerice u Kanadi dozvoljene koncentracije između 0,8-2,0 mg/l (49), u Francuskoj maksimalna granica iznosi 0,6 mg/l (50), dok su u SAD-u preporučene koncentracije rezidualnog klora između 1-5 mg/l (51). Jasna razlika može se uočiti kada usporedimo koncentracije rezidualnog klora našeg istraživanja s onim provedenim u Pennsylvaniji (SAD). Naime, prosječna koncentracija rezidualnog klora u svim uzorcima uključenim u ovo istraživanja iznosila je 0,62 mg/l (medijan 0,55 mg/l), dok je ista koncentracija u istraživanju provedenom u Pennsylvaniji bila dvostruko viša (1,35 mg/l) (52). Također, u našem je istraživanju uočena pozitivna korelacija između vrijednosti koncentracije rezidualnog klora i trihalometana ( $r_s=0,24$ ).

Od ukupnog broja uzoraka analiziranih u ovome istraživanju (N=4943), prisustvo *P. aeruginosa* je dokazano kod njih 214 (4,3%). Najveći broj pozitivnih uzoraka imali su zatvoreni bazeni sa slatkom vodom (N=103), a nakon njih otvoreni bazeni sa slatkom vodom (N=50). Kada se usporedi vrsta korištenog dezinfekcijskog sredstva i koncentracija *P. aeruginosa* može se uvidjeti korelacija između podataka. Naime, razine *P. aeruginosa* su bile

znatno veće kod bazena koji su koristili vodikov peroksid ( $\bar{x}=78,46$  cfu/ml) za dezinfekcijsko sredstvo, u odnosu na bazene koji su koristili natrijev hipoklorit ( $\bar{x}= 11,38$  cfu/ml) i klor ( $\bar{x}= 2,33$ ). *P. aeruginosa* je otpornija na djelovanje vodikov peroksida jer ima jaku aktivnost katalaze, koja pretvara vodikov peroksid u kisik i vodu. Zbog toga se vjeruje da vodikov peroksid nije najbolji izbor za dezinfekciju vode u bazenu ako je jedino korišteno dezinfekcijsko sredstvo (53).

Prema istraživanju provedenom u Egiptu 2017. godine, od ukupnih 120 analiziranih uzoraka, čak dvije trećine (66,7%) nije zadovoljavalo Egipatske mikrobiološke standarde kvalitete bazenske vode. U ukupno 26 uzoraka je bilo dokazano prisustvo *P. aeruginosa* (21,7%). Udio pozitivnih uzoraka bio je nešto veći kod zatvorenih bazena (16,7%) u odnosu na otvorene (14,3%). U slučaju dva bazena pozitivni uzorci zabilježeni su kod polovice svih uzoraka. Istraživači (54) su navedene rezultate pripisali lošem održavanju bazenske vode, obzirom da nije postojao funkcionalni sustav filtracije, te su se radnici bazena dominantno oslanjali na promjenu vode. U našem je istraživanju otkriven znatno niži udio uzoraka pozitivnih na *P. aeruginosa* (4,3%). U zatvorenim je bazenima isto bio nešto viši (4,5%) u odnosu na vanjske (3,6%).

Ukupni broj aerobnih bakterija pri 37°C služi kao opći pokazatelj kvalitete bazenske vode dok ukupne koliformne bakterije (među koje se ubraja *E. coli*) služe kao indikatori fekalnog onečišćenja. U našem je istraživanju dokazana statistički značajna pozitivna korelacija između broja *P. aeruginosa* i *E. coli* ( $r_s= 0,36$ ) te sa UBB/37°C ( $r_s= 0,3$ ). Korelacija između ovih vrijednosti ukazuje na činjenicu da su u uzorcima bazenske vode bili prisutni izvori onečišćenja fekalnog i nefekalnog podrijetla. Također, korelacijski koeficijent između *P. aeruginosa* i rezidualnog klora ukazuje na negativnu korelaciju ( $r_s= -0,15$ ) iz čega proizlazi da je *P. aeruginosa* osjetljiv na djelovanje klora. Dodavanjem klora u vodu za kupanje ima za cilj inaktivaciju mikroorganizama u bazenskoj vodi pa tako i *P. aeruginosa* te se smanjivanjem njegove koncentracije u bazenskoj vodi omogućavaju uvjeti za razvoj različitih mikroorganizama.

Morska voda općenito se smatra mikrobiološki sigurnijim medijem za zdravlje korisnika bazena, obzirom da predstavlja nepovoljniji okoliš za razvoj bakterija u odnosu na slatku vodu. Međutim, rezultati našeg istraživanja su pokazali da *P. aeruginosa* može preživjeti u obje vrste vodenih medija, te da je razlika u udjelu pozitivnih uzoraka između bazena sa slatkom i morskom vodom (0,9%) relativno mala.

Prema Pravilniku (NN 59/20) dokazivanje *P. aeruginosa* obavezno je provoditi u bazenima s morskom i slatkom vodom, dok je dokazivanje *S. aureus* obavezno samo u morskoj vodi, obzirom na njegovo bolje preživljavanje u vodi većeg saliniteta (55). Za potrebe našeg istraživanja bili su dostupni podaci o prisustvu *S. aureus* i u morskoj i slatkoj vodi. Prema dobivenim rezultatima najveći broj pozitivnih uzoraka na *S. aureus* zabilježen je kod bazena punjenih s morskom vodom, u većoj mjeri kod zatvorenih (N=18), te manje kod otvorenih (N=8). Kod bazena punjenih slatkim vodom, *S. aureus* je dokazan u samo četiri uzorka iz zatvorenih, te u niti jednom iz otvorenih bazena.

Usporedbom rezultata našeg istraživanja s ostalim istraživanjima navedenim u radu, može se uvidjeti kako je kvaliteta bazenske vode na području PGŽ relativno zadovoljavajuća. Udio nezadovoljavajućih uzoraka u bazenima uključenim u istraživanje je značajno manji u usporedbi s rezultatima ostalih autora, no neki parametri kvalitete su se ipak isticali, poput koncentracije trihalometana i broja *P. aeruginosa*. Upravo zbog toga, tehnologija tretmana bazenske vode se još uvijek mora razvijati kako bi se broj koji ne zadovoljava postavljene standarde kvalitete minimalizirao. Primjena odredbi Pravilnika (NN 59/20), kvaliteta bazenske vode je generalno poboljšana. Utvrđeni su sanitarno tehnički uvjeti koje moraju zadovoljiti kupališta, određeni su pokazatelji zdravstvene ispravnosti bazenske vode, te vrsta i obim analize uzoraka bazenske vode.

## 6 ZAKLJUČCI

Na temelju dobivenih, analiziranih i uspoređenih podataka za uzorke bazenske vode iz razdoblja od 2016.-2020. godine na području Primorsko-goranske županije, može se zaključiti sljedeće:

- Ukupno je analizirano 4943 uzorka bazenske vode, od kojih su 3281 (66,4%) bili uzorci slatke vode te 1662 (33,6%) uzorci morske vode.
- Vrijednosti za temperaturu, elektrovodljivost i trihalometane su bile veće kod morske vode, dok je koncentracija rezidualnog klora i broj *P. aeruginosa* bio manji u odnosu na slatku vodu
- Udio pozitivnih uzoraka na trihalometane je bio veći kod morske vode u odnosu na bazene sa slatkom vodom
- Uočena je pozitivna korelacija između  $\text{KmnO}_4$  (pokazatelja organskog opterećenja, prekursora THM) i THM, posebno u ljetnim mjesecima
- Mjerena temperatura bazenske vode je bila nešto veća kod bazena punjenih slatkom vodom, u odnosu na one punjene morskom vodom, što je svakako jedan od čimbenika većeg mikrobiološkog opterećenja bazena punjenih slatkom vodom (veće koncentracije *P. aeruginosa* u bazenima sa slatkom vodom)
- Statistički značajna pozitivna korelacija je uočena između vrijednosti temperature i rezidualnog klora, UBB/37°C, *P. aeruginosa*, *L. pneumophila*
- Najveće vrijednosti električne provodljivosti su uočene kod bazena punjenih s morskom vodom, koji su ujedno imali i najveće koncentracije trihalometana
- Broj uzoraka u kojima je dokazano prisustvo *Legionella spp.* je bio veći kod bazena sa slatkom vodom, nego kod onih s morskom
- Veći udio *S. aureus* utvrđen je u bazenima s morskom vodom
- Najveći broj *P. aeruginosa* bio je prisutan u zatvorenim bazenima sa slatkom vodom
- Statistički značajna negativnu korelaciju između vrijednosti *P. aeruginosa* i rezidualnog klora
- Broj pozitivnih uzoraka na *E.coli* je bio nešto veći kod bazena sa slatkom vodom, u odnosu na morsku vodu
- Broj uzoraka koji je prelazio dopuštene granice za UBB/37°C je bio veći kod bazena sa slatkom vodom, nego kod morske vode



## 7 LITERATURA

1. World Health Organization (SZO). Guidelines for safe recreational water. Environments [Internet]. 2006;2:3505–18. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43336>
2. Eagles PFJ. Trends in Outdoor Recreation, Leisure and Tourism [Internet]. Vol. 29, Annals of Tourism Research. 2002. 876–878 p. Available from: <http://sherekashmir.informaticspublishing.com/360/1/9780851994031.pdf#page=187>
3. Vrkljan S, Hendija Z. Business performance of health tourism service providers in the Republic of Croatia. Acta Clin Croat [Internet]. 2016;55(1):79–86. Available from: <https://hrcak.srce.hr/161281>
4. Thalassotherapia Crikvenica [Internet]. CrikvenicaRiviera. Available from: [https://www.rivieracrikvenica.com/croatia/thalassotherapia\\_crikvenica](https://www.rivieracrikvenica.com/croatia/thalassotherapia_crikvenica)
5. Bonnick DM. Swimming Pool Disinfection Techniques and Pitfalls. 2006; Available from: <https://wcponline.com/2006/11/27/swimming-pool-disinfection-techniques-pitfalls/>
6. What is chlorination? [Internet]. Safe Drinking Water Foundation (SDWF). Available from: <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/what-is-chlorination>
7. Tsamba L, Correc O, Couzinet A. +Chlorination by-products in indoor swimming pools: Development of a pilot pool unit and impact of operating parameters. Environ Int [Internet]. 2020;137(January):105566. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105566>
8. Deša N. Dezinfekcija bazenske vode (Završni rad) [Internet]. 2019. Available from: <https://repository.medri.uniri.hr/islandora/object/medri%3A3366/datastream/PDF/view>
9. Gulić I. Kondicioniranje vode. In: Sveučilišni udžbenik. 2003. p. 264.
10. Water disinfection using free and combined chlorine [Internet]. carbotecnia. 2021. Available from: <https://www.carbotecnia.info/learning-center/disinfection/disinfection-water-chlorine-free/?lang=en>

11. Carin A. Dezinfekcija vode za piće na otoku Krku (Diplomski rad) [Internet]. 2019. p. 17–8. Available from: <https://repository.medri.uniri.hr/islandora/object/medri%3A3428/datastream/PDF/view>
12. Włodyka-Bergier A, Bergier T. Influence of the Use of an Additional Oxidant (Chlorine Dioxide) in Water Treatment on Swimming Pool Water Quality. *Energies* [Internet]. 2022;15(14). Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/14/5054/htm>
13. Hughes J. What is Pool Ozone? How It works, Cost, Pros, and Cons [Internet]. River pools. Available from: <https://www.riverpoolsandspas.com/blog/pool-ozone-cost-pros-cons>
14. El-Salam MMA. Assessment of water quality of some swimming pools: A case study in Alexandria, Egypt. *Environ Monit Assess* [Internet]. 2012;184(12):7395–406. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22258741/>
15. Yedeme K, Legese MH, Gonfa A, Girma S. Assessment of Physicochemical and Microbiological Quality of Public Swimming Pools in Addis Ababa, Ethiopia. *Open Microbiol J* [Internet]. 2017;11(1):98–104. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28761562/>
16. ZZJZ Dubrovačko-Neretvanske županije. Aerobne mezofilne bakterije [Internet]. Available from: <https://www.zzjzdnz.hr/hr/o-nama/rjecnik-pojmova/960>
17. World Health Organization (WHO). Microbial fact sheets. :221–96. Available from: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020783/Guidelinesfordrinkingwaterquality/Microbialfactsheets.pdf>
18. Odonkor ST, Ampofo JK. Escherichia coli as an indicator of bacteriological quality of water: an overview. *Microbiol Res (Pavia)* [Internet]. 2013;4(1):2. Available from: <https://www.mdpi.com/2036-7481/4/1/e2>
19. Bédard E, Prévost M, Déziel E. Pseudomonas aeruginosa in premise plumbing of large buildings. *Microbiologyopen* [Internet]. 2016;5(6):937–56. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5221438/>
20. Mena KD, Gerba CP. Risk assessment of pseudomonas aeruginosa in water. *Rev Environ*

- Contam Toxicol [Internet]. 2009;201:71–115. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0032-6\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0032-6_3)
21. Panyakapo M, Soontornchai S, Paopuree P. Cancer risk assessment from exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water. *J Environ Sci* [Internet]. 2008;20(3):372–8. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/5256759\\_Cancer\\_Risk\\_Assessment\\_from\\_Exposure\\_to\\_Trihalomethanes\\_in\\_Tap\\_Water\\_and\\_Swimming\\_Pool\\_Water](https://www.researchgate.net/publication/5256759_Cancer_Risk_Assessment_from_Exposure_to_Trihalomethanes_in_Tap_Water_and_Swimming_Pool_Water)
  22. Bazrgari H., Naghizadeh A. ZH. Investigation of Physical and Chemical Quality of Hot Springs in South Khorasan, Iran. *Arch Hyg Sci* [Internet]. 2019;8(4):266–73. Available from: <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=836813>
  23. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. Your Disinfection Team: Chlorine & pH Protection Against Recreational Water Illnesses (RWIs). Fact Sheet for pool staff/owners. Available from: <https://www.cdc.gov/healthywater/pdf/swimming/resources/disinfection-team-chlorine-ph-factsheet.pdf>
  24. Vukić Lušić D, Cenov A, Piškur V, Živković S. Usporedba pokazatelja kvalitete bazenskih voda standardnih i spa bazena. *XXII ZNANSTVENO - STRUČNI SKUP VODA I JAVNA VODOOPSKRBA*. 2018;51–9.
  25. LeChevallier MW, Evans TM, Seidler RJ. Effect of turbidity on chlorination efficiency and bacterial persistence in drinking water. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 1981;42(1):159–67. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC243978/>
  26. Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids [Internet]. Fondriest Environmental Inc. 2014. Available from: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>
  27. Kralj E. Pokazatelji i indeksi kakvoće podzemnih i površinskih voda istočne Hrvatske. *Prehrambeno-tehnološki Fak Osijek* [Internet]. 2021; Available from: <https://repozitorij.ptfos.hr/islandora/object/ptfos:1136>
  28. Dogančić D, Ptiček Siročić A, Sakač N, Romić T, Tomiek I. Određivanje koncentracije

- trihalometana u vodi. 2020;135–40. Available from: <https://www.voda.hr/hr/odredivanje-koncentracije-trihalometana-u-vodi>
29. Božym M, Wzorek M, Kłosok-Bazan I. Health risk as a consequence of exposure to trihalomethanes in swimming pool water. *Rocz Panstw Zakl Hig* [Internet]. 2017;68(4):331–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29264908/>
  30. Masoud MS, Ismail AM, El MM. Kinetics and thermodynamics of the formation of trihalomethanes. *Appl Water Sci* [Internet]. 2019;9(4):1–6. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-019-0981-1>
  31. Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020). [Internet]. 2020. Available from: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_05\\_59\\_1186.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_05_59_1186.html)
  32. Kako osigurati kvalitetnu i sigurnu vodu za kupanje u bazenu? [Internet]. Sportski objekti Vukovar. 2021. Available from: <https://sov.hr/kako-osigurati-kvalitetnu-i-sigurnu-voda-za-kupanje-u-bazenu/>
  33. Rodger B. Baird, Andrew D. Eaton EWR. Standard Methods for The Examination Of Water and Wastewater. *Am Public Heal Assoc* [Internet]. 2018;1–1545. Available from: <http://dl.mozh.org/upload/StandardMetods23RD.pdf>
  34. Kvaliteta vode - Određivanje mutnoće - 1.dio: Kvantitativne metode (ISO 7027-1:2016;EN ISO 7027-1:2016). Hrvatski zavod za norme [Internet]. Available from: <https://repositorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+7027-1%3A2016>
  35. Bolf N. Mjerenje mutnoće – turbidimetrija i nefelometrija. *Kem u Ind* [Internet]. 2020;69:711–4. Available from: <https://hrcak.srce.hr/file/360391>
  36. Kvaliteta vode -- Određivanje pH vrijednosti (ISO 10523:2008; EN ISO 10523:2012), Hrvatski zavod za norme [Internet]. 2012. Available from: <https://repositorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+10523%3A2012>
  37. Metroteka. Konduktometri i njihovo umjeravanje [Internet]. Available from: <https://metroteka.com/blog/sve-sto-nikad-niste-znali-o-staklenim-termometrima-a-treballi-biste-2/>

38. Kakvoća vode -- Određivanje permanganatnog indeksa (ISO 8467:1993; EN ISO 8467:1995) [Internet]. Hrvatski zavod za norme. 2001. Available from: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+8467%3A2001>
39. Kakvoća vode -- Određivanje lakohlapljivih halogeniranih ugljikovodika -- Metode plinske kromatografije (ISO 10301:1997; EN ISO 10301:1997). Hrvatski zavod za norme [Internet]. 2002; Available from: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+10301%3A2002>
40. Plinska kromatografija [Internet]. Shimadzu d.o.o. Hrvatska. Available from: <https://www.shimadzu.hr/plinska-kromatografija>
41. Kvaliteta vode -- Određivanje slobodnoga i ukupnoga klora -- 2. dio: Kolorimetrijska metoda s N,N-dialkil-1,4-fenilendiaminom u svrhu rutinske kontrole (ISO 7393-2:2017; EN ISO 7393-2:2018) [Internet]. Hrvatski zavod za norme. 2018. Available from: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+7393-2%3A2018>
42. Kakvoća vode -- Brojenje uzgojenih mikroorganizama -- Broj kolonija nacjepljivanjem na hranjivi agar (ISO 6222:1999; EN ISO 6222:1999) [Internet]. Hrvatski zavod za norme. 2000. Available from: <http://31.45.242.218/HZN/Todb.nsf/wFrameset?OpenFrameSet&Frame=Down&Src=%2FHZN%2FTodb.nsf%2F66011c0bda2bd4dfc1256cf300764c2d%2Fc1256c8f003565d5c1256d29003da6a3%3FOpenDocument%26AutoFramed>
43. Kakvoća vode -- Detekcija i brojenje *Pseudomonas aeruginosa* -- Metoda membranske filtracije (ISO 16266:2006; EN ISO 16266:2008). Hrvatski zavod za norme [Internet]. Available from: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+16266%3A2008>
44. Zdravstvena ispravnost bazenskih voda u Hrvatskoj [Internet]. Hrvatski zavod za javno zdravstvo. 2019. Available from: <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/zdravstvena-ispravnost-bazenskih-voda-u-hrvatskoj/>
45. Wang GS, Deng YC, Lin TF. Cancer risk assessment from trihalomethanes in drinking water. *Sci Total Environ* [Internet]. 2007;387(1–3):86–95. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.495.6906&rep=rep1&type=pdf>

46. Evlampidou I, Font-Ribera L, Rojas-Rueda D, Gracia-Lavedan E, Costet N, Pearce N, et al. Trihalomethanes in drinking water and bladder cancer burden in the European Union. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2020;128(1):1–14. Available from: [https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/EHP4495?utm\\_source=Klix.ba&utm\\_medium=Clanak](https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/EHP4495?utm_source=Klix.ba&utm_medium=Clanak)
47. Bożym M, Kłosok-Bazan I, Wzorek M. Analyzing THM concentrations in selected indoor swimming pool waters in the Opole region. *Polish J Environ Stud* [Internet]. 2018;27(3):1001–8. Available from: [file:///C:/Users/Marijan Coric/Desktop/DIPLOMSKI/DIPLOMSKI RAD\\_Filip Coric/Materijal/Reference/Regija Opole THM.pdf](file:///C:/Users/Marijan Coric/Desktop/DIPLOMSKI/DIPLOMSKI RAD_Filip Coric/Materijal/Reference/Regija Opole THM.pdf)
48. Chu H, Nieuwenhuijsen MJ. Distribution and determinants of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools. *Occup Environ Med* [Internet]. 2002;59(4):243–7. Available from: <https://oem.bmj.com/content/oemed/59/4/243.full.pdf>
49. Swimming pool and spa chemicals [Internet]. Government of Canada. 2016. p. 2. Available from: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-chlorine-guideline-technical-document/page-2-guidelines-canadian-drinking-water-quality-chlorine-guideline-technical-document.html>
50. Cimetiere N, De laat J. Effects of UV-dechloramination of swimming pool water on the formation of disinfection by-products: A lab-scale study. *Microchem J* [Internet]. 2014;112:34–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X13001690?via%3Dihub>
51. Yang L, Chen X, She Q, Cao G, Liu Y, Chang VWC, et al. Regulation, formation, exposure, and treatment of disinfection by-products (DBPs) in swimming pool waters: A critical review. *Environ Int* [Internet]. 2018;121(May):1039–57. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.024>
52. Berg AP, Fang TA, Tang HL. Variability of residual chlorine in swimming pool water and determination of chlorine consumption for maintaining hygienic safety of bathers

- with a simple mass balance model. *J Water Health* [Internet]. 2019;17(2):227–36. Available from: <https://iwaponline.com/jwh/article/17/2/227/65345/Variability-of-residual-chlorine-in-swimming-pool>
53. Borgmann-Strahsen R. Comparative assessment of different biocides in swimming pool water. *Int Biodeterioraion Biodegrad* [Internet]. 2003;51:291–2977. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964830503000404?via%3Dihub>
54. Aboufotouh Hashish NM, Gawad Abbass AA, Khamis Amine AE. *Pseudomonas aeruginosa* in swimming pools. *Cogent Environ Sci* [Internet]. 2017;3(1). Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23311843.2017.1328841?needAccess=true>
55. Adamović A. Preživljavanje bakterija *Escherichia coli* i *Acinetobacter junii* pri različitim koncentracijama natrijevog klorida. *PMF Zagreb Biološki odjel*. 2022;8.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Rehabilitacija u bazenu (Thalassotherapia Crikvenica) (4) .....	3
Slika 2. Mogući fizikalno-kemijski kontaminanti u bazenskoj vodi ili okruženju (1).....	11
Slika 3. Pojednostavljena shema rada UV-VIS spektrofotometra .....	21
Slika 4. Shema rada turbidimetra (35) .....	21
Slika 5. Broj i udio (%) ispitanih uzoraka bazena punjenih s morskom i slatkom vodom .....	25
Slika 6. Medijan za ukupne trihalometane ( $\mu\text{g/l}$ ) u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog tipa, s prvim (25%) i trećim kvartilom (75%) i rasponom podataka (minimum i maksimum podataka), u razdoblju od 2016.-2020. godine (Kruskal-Wallis H test) .....	28
Slika 7. Srednja vrijednost za permanganatni indeks u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog, sa standardnom devijacijom (SD) i 95%-tnim intervalom pouzdanosti (Kruskal-Wallis H test) .....	29
Slika 8. Medijan i srednja vrijednost za A) trihalometane i B) utrošeni kalijev permanganat po mjesecima 2017. godine .....	29
Slika 9. Srednje vrijednost temperature vode u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog tipa, s prvim (25%) i trećim kvartilom (75%) i rasponom podataka (minimum i maksimum podataka), u razdoblju od 2016.-2020. godine (Kruskal-Wallis H test) .....	30
Slika 10. Srednja vrijednost električne vodljivosti vode u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno u bazenima otvorenog i zatvorenog tipa, s prvim (25%) i trećim kvartilom (75%) i rasponom podataka (minimum i maksimum podataka), u razdoblju od 2016.-2020. godine (Kruskal-Wallis H test) .....	31
Slika 11. Srednja vrijednost koncentracije <i>P. aeruginosa</i> u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, sa standardnom devijacijom (SD) i 95%-tnim intervalom pouzdanosti, u razdoblju od 2016.-2020. godine (Mann-Whitney U test) .....	33
Slika 12. Prosječna vrijednost <i>P. aeruginosa</i> u bazenima punjenim morskom i slatkom vodom, odnosno otvorenog i zatvorenog tipa, u razdoblju od 2016.-2020. godine .....	33



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Prisutnost spojeva slobodnog klora ovisno u pH bazenske vode (8) .....	5
Tablica 2. Potencijalni mikrobiološki kontaminanti u bazenima ili njihovoj okolini .....	8
Tablica 3. Bakterijski uzrokovane bolničke pneumonije (20) .....	9
Tablica 4. Preporučeni pH za bazensku vodu (24).....	13
Tablica 5. Najčešća dezinfekcijska sredstva korištena u bazenima i njihovi nusproizvodi (1) .....	14
Tablica 6. Mikrobiološki uvjeti za bazensku vodu u konvencionalnim bazenima (31).....	17
Tablica 7. Fizikalno-kemijski uvjeti za bazensku vodu u konvencionalnim bazenima (31) .....	17
Tablica 8. Metode za ispitivanje fizikalno-kemijskih parametara bazenske vode (31) .....	20
Tablica 9. Metode za ispitivanje mikrobioloških parametara bazenske vode (31) .....	23
Tablica 10. Test sume rangova (Mann-Whitney U test). Varijable (slatka voda/ slana voda). Interval pouzdanosti $p < 0,05$ .....	26
Tablica 11. Uzorci bazenske vode s razinama trihalometana iznad dopuštene razine (100 $\mu\text{g/l}$ ).....	27
Tablica 12. Uzorci bazenske vode s razinama trihalometana iznad dopuštene razine (100 $\mu\text{g/l}$ ), uz podjelu na bazene otvorenog i zatvorenog tipa .....	27
Tablica 13. Kruskal-Wallis H test. Usporedba vrijednosti kalijevog permanganata između bazena s morskom i slatkom vodom, odnosno bazena otvorenog i zatvorenog tipa .....	28
Tablica 14. Usporedba vrijednosti temperature vode između bazena s morskom i slatkom vodom, odnosno bazena otvorenog i zatvorenog tipa (Kruskal-Wallis H test) .....	30
Tablica 15. Broj pozitivnih uzoraka na mikrobiološke pokazatelje kvalitete bazenske vode kod bazena punjenih slatkom i morskom vodom, odnosno kod bazena otvorenog i zatvorenog tipa, u razdoblju mjerenje od 2016.-2020. g. ....	32
Tablica 16. Prosječna vrijednost broja <i>P. aeruginosa</i> (cfu/ml) u bazenskoj vodi ovisno o korištenom dezinfekcijskom sredstvu .....	32

# ŽIVOTOPIS

## Osobni podaci:

Ime i prezime: Filip Ćorić

Datum i mjesto rođenja: 18.01.1998, Rijeka

Adresa prebivališta: Augusta Cesarca 43, Ilok

Telefon i e-mail: 095/8787-819, [coric.filip8@gmail.com](mailto:coric.filip8@gmail.com)

## Obrazovanje:

2004.-2012. Osnovna škola Julija Benešića Ilok

2012.-2016. Opća gimnazija – Srednja škola Ilok

2016.-2020. Zdravstveno veleučilište Zagreb, smjer: sanitarno inženjerstvo

2020.-2022. Diplomski sveučilišni studij Sanitarno inženjerstvo, Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

## Radno iskustvo:

2021.-danas: Epidemiološko anketiranje na Nastavnom zavodu za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (NZZJZ PGŽ)

2021.-danas: Uzorkovanje i testiranje na Covid-19 (NZZJZ PGŽ)

2016.-2020. Rad u trgovini i skladištu: Zara, Kaufland, Istarski supermarketi

2016. Rad u obradi vina i vinograda: Iločki podrumi d.o.o.

## Vještine:

Rad na računalu: aktivno korištenje MS Office paketa, te statističkog programa "Statistica"

Strani jezici: engleski

Vozačka dozvola B kategorija