

# Dezinfekcija bazenske vode

---

Deša, Nika

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:184:336319>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-30**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA**

**Nika Deša**

**DEZINFEKCIJA BAZENSKE VODE**

**Završni rad**

**RIJEKA, 2019.**

**Mentor rada: Doc.dr.sc. Dijana Tomić Linšak, dipl.san.ing.**

**Završni rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_**

**\_\_\_\_\_, pred povjerenstvom u sastavu:**

**1. \_\_\_\_\_**

**2. \_\_\_\_\_**

**3. \_\_\_\_\_**

**Rad ima \_\_\_\_\_ stranica, \_\_\_\_\_ slika, \_\_\_\_\_ tablica, \_\_\_\_\_ literaturnih navoda.**

## SAŽETAK

Upotreba bazena vrlo je važna za zdravlje i dobrobit stanovništva za lječilišne, rehabilitacijske i rekreativne svrhe. S obzirom na upotrebu u javne namjene, vrlo je bitno da se osiguraju prihvatljivi sanitarno-tehnički i higijenski uvjeti koje nalaže i zakonska regulativa te se na taj način osigurava i dobra i kontinuirana zdravstvena ispravnost bazenske vode. Bazenska voda mora zadovoljavati određene fizikalne, kemijske i mikrobiološke uvjete kako bi se osiguralo zdravlje korisnika. Dezinfekcija ima važnu ulogu u održavanju kvalitetne bazenske vode. Najčešće korišten dezinficijens za dezinfekciju bazenske vode su klor i njegovi spojevi.

U ovom radu analizirani su rezultati mikrobiološke (*Escherichia coli*, ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*) i fizikalno- kemijske (boja, mutnoća, pH vrijednost, oksidativnost, električna vodljivost, slobodni klor, trihalometani) analize zatvorenog bazena.

Prema provedenim analizama bazenske vode zatvorenog bazena u razdoblju od jedne kalendarske godine, može se zaključiti da su svi mikrobiološki i fizikalno - kemijski parametri sukladni s Pravilnikom te da je voda u tom bazenu higijenski i zdravstveno ispravna. S obzirom da su ispunjeni svi mikrobiološki i fizikalno - kemijski uvjeti za higijensku i zdravstveno ispravnost bazenske vode, može se zaključiti da je u ovom zatvorenom bazenu odgovarajuća dezinfekcija vode.

Ključne riječi: bazenska voda, dezinfekcija, klor, mikrobiološki parametri, fizikalno- kemijski parametri

## SUMMARY

Swimming pool use is very important for the health and well-being of the population for medical, rehabilitation and recreational purposes. Given the large number of pool users, it is very important to ensure acceptable sanitary-technical and hygienic conditions and thus to ensure a good and continuous quality of pool water. Pool water must meet certain physical, chemical and microbiological conditions to ensure the health of the user. Disinfection plays an important role in maintaining quality of pool water. The most commonly used disinfectant for disinfection of pool water are chlorine and its compounds.

In this paper the results of microbiological analysis (*Escherichia coli*, total number of aerobic bacteria at 37 ° C, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*) and physical and chemical (color, turbidity, pH value, oxidisability, electrical conductivity, free chlorine, trihalomethane) parameters in swimming pool.

Based on analyses of sampled pool water during a period of one calendar year, it can be concluded that all microbiological and physical and chemical parameters are in compliance with the Ordinance and that the water in that pool is hygienically and physically correct. Since all the microbiological and physical-chemical conditions for hygienic and healthy water are met, it can be concluded that proper indoor disinfection of water is present in this indoor pool.

Key words: pool water, disinfection, chlorine, microbiological parameters, physical and chemical parameters

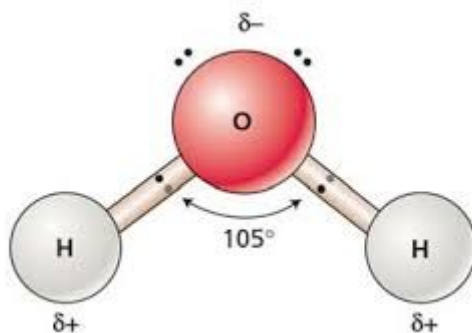
## Sadržaj:

1. Uvod i pregled područja istraživanja.....	1
1.1    Bazensko kupalište i bazenska voda.....	6
1.1.1    Fizikalni čimbenici bazenske vode.....	6
1.1.2    Kemijski čimbenici.....	8
1.1.3    Biološki čimbenici.....	11
1.2    Dezinfekcija bazenske vode .....	16
1.2.1    Mehanizam djelovanja klora .....	16
1.2.2    Klor i sredstva na bazi klora.....	19
1.2.3    Brom.....	20
1.2.4    Ozon .....	21
1.2.5    Elektroliza natrijevog klorida .....	22
1.2.6    Ultraljubičasto (UV) zračenje.....	23
1.2.7    Hidroliza s ionizacijom bakra i srebra (Cu/ Ag).....	24
1.3    Trihalometani kao nusprodukti dezinfekcije klorom ili bromom.....	25
2.Cilj istraživanja.....	27
3.Materijali i metode .....	28
3.1    Uzorkovanje .....	28
3.2    Analitičke metode za ispitivanje bazenske vode .....	29
3.2.1    Fizikalno- kemijski pokazatelji .....	30
3.2.2    Mikrobiološki pokazatelji.....	31
4.Rezultati .....	34
4.1    Rezultati fizikalno- kemijske analize .....	34
4.2    Rezultati mikrobiološke analize .....	39
5.Rasprava .....	41
6.Zaključci.....	45
7.Literatura .....	46
8.Popis slika .....	50
9.Popis tablica .....	52
10.Životopis.....	53

## 1. Uvod i pregled područja istraživanja

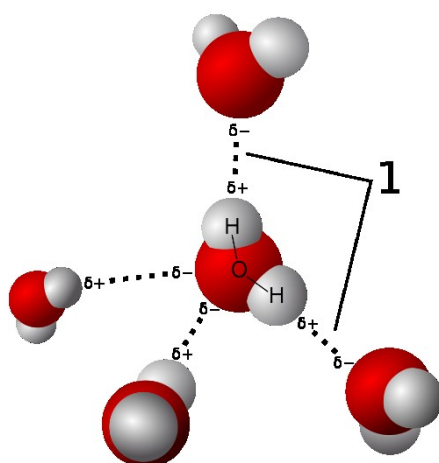
Voda je jedinstvena, sveprisutna tvar koja je sastavni dio svih živih bića. Njezina priroda i svojstva su zaintrigirala filozofe i znanstvenike još u doba antike. Voda i u moderno doba privlači pozornost znanstvenika jer je i dalje nepotpuno shvaćena usprkos intenzivnom proučavanju tijekom mnogih godina. To je prvenstveno zato što je voda neobična u mnogim svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima. Neka od jedinstvenih svojstava vode su osnovna za život, dok su druga temeljni učinci za veličinu i oblik živih bića, njihovo funkcioniranje i fizička ograničenja i ograničenja unutar kojih oni djeluju. To je prepoznao Lawrence Henderson još 1913. godine, te opisao u svojim radovima. Od tada je naučeno još više o strukturi i svojstvima vode na molekularnoj razini pomoću spektroskopskih i termodinamičkih eksperimenata. (1)

Voda ( $H_2O$ ) je molekula koja sadrži dva atoma vodika koji dijele par elektrona s atomom kisika pod kutom od  $105^\circ$ . Geometrija molekule vode ilustrirana je na slici 1. Kada atomi na taj način dijele elektrone, stvara se kovalentna veza koja je neophodna živim organizmima. Voda je električno neutralna, ali zbog puno veće elektronegativnosti kisika od vodika, distribucija elektrona je koncentrirana puno više oko kisika. Odnosno, voda je električno polarizirana s trajnim dipolnim momentom u plinovitoj fazi. Dipolni moment je još veći u tekućini i ledu jer se susjedni dipolni momenti međusobno polariziraju. Polaritet molekule vode najbolje je opisati tako da je svakome atomu vodika dodijeljen djelomičan naboj koji skupa daju električno neutralnu molekulu vode. Voda je vrlo polarna molekula sa sposobnošću stvaranja jakih elektrostatskih interakcija s njom samom, drugim molekulama i ionima. Kada se sve skupa sagleda, molekula vode se može zamisliti kao mala sfera polumjera 0,32 nm u kojoj se u atomima vodika i kisika nalaze dva pozitivna naboja od +0,5 i jedan negativni naboj od -1 (Slika 1).



Slika 1. Struktura molekule vode (2)

U molekuli vode atomi kisika i vodika nejednako dijele elektrone. Elektroni, koji uvijek imaju negativan naboj, provode više vremena kružeći oko jezgre kisika. Oko jezgre atoma vodika kruže manje vremena te zbog toga molekula vode postaje polarizirana s negativnim (kisikovim) i pozitivnim (vodikovim) nabojem. Budući da se pozitivni i negativni naboji međusobno privlače, pozitivni kraj vodika jedne molekule privlači se s negativnim nabojem druge molekule kisika. Ta privlačnost se naziva vodikova veza. Na slici 2. je prikazano pet molekula vode, svaka se sastoji od jednog kisikovog atoma (crvene kuglice) i dva atoma vodika (bijeke kuglice), povezano sa slabim vodikovim vezama. Molekule vode se vežu uz slabe vodikove veze, što daje vodi njezinu tekuću konzistenciju.



Slika 2. Vodikova veza u molekuli vode (3)



Neka od najznačajnijih svojstava vode su kohezija i adhezija koje djeluju protiv gravitacijske sile. Ta pojava se naziva kapilarno djelovanje i ključna je stavka kod biljaka i njihova prijenosa tekućine kroz stabljike. (4)

Voda je maleno otapalo koje zauzima oko 0,03 nanometara po molekuli u tekućem stanju pri standardnoj temperaturi i tlaku. Međutim, vrlo je kohezivna zbog jakih unutarmolekulskih reakcija (vodikova veza) između atoma kisika i vodika. To se odražava na njezinu visoku točku vrenja, odnosno potrebna je velika količina topline za isparavanje i njezinu visoku površinsku napetost. Jake kohezivne interakcije u vodi također rezultiraju visokoj viskoznosti i specifičnom toplinskom kapacitetu. U odnosu na druge tekućine, voda zbog svoje male veličine ima visoku specifičnu toplinu i toplinu isparavanja vode. Također, jedno od neobičnih svojstava vode je to što ima najveću gustoću na temperaturi od  $+4^{\circ}\text{C}$  iako bi svako fizikalno tijelo trebalo imati najveću gustoću u čvrstom stanju. Nadalje, toplinsko rastezanje nije pravilno kao kod drugih tekućina zato što zagrijavanjem do  $+4^{\circ}\text{C}$  ima najmanji volumen i najveću gustoću po jedinici mase. Nasuprot tome, hlađenjem ispod  $+4^{\circ}\text{C}$  voda se rasteže. Sve nepravilnosti u stezanju i rastezanju nazivaju se anomalija vode. Još jedna pojava suprotnog djelovanja kod povećanja temperature vode je da molekule imaju veću energiju pa se brže gibaju i razmak između njih je veći. Upravo zbog ovog prevladavajućeg učinka iznad  $+4^{\circ}\text{C}$ , gustoća vode se počinje smanjivati. Viskoznost je glavni parametar vode koji određuje brzinu širenja iona u molekuli. Time se određuju fizikalna zbivanja na molekularnoj razini unutar koji se organizmi razvijaju i žive. Površinska napetost je svojstvo vode da na svojoj površini stvara elastičnu opnu u kontaktu sa zrakom. Nastaje zbog međumolekulskih interakcija površinskih molekula vode te je uzrok zadržavanja tvari veće gustoće na njezinoj površini. (5)

Vode se klasificiraju dvije velike grupe: površinske i podzemne vode. Podzemna voda je glavni izvor vode za piće. Površinske vode su ribnjaci, jezera, rijeke te površinski izvori koji su jedan od glavnih izvora vode za piće, ali često sadržavaju velik broj mikroorganizama. U

površinskim vodama, mikrobiološko onečišćenje potječe iz: kiša, zraka, postrojenja za obradu površinskih voda ili otpadnih produkata industrija. (1)

Mikroorganizmi i njihova aktivnost u vodi su predmet proučavanja Mikrobiologije vode. U biološkom smislu, kvaliteta vode ovisi o vrsti i broju mikroorganizama. Mikroorganizmi, kao i svaka druga vrsta, teže optimalnoj sredini, ali se u većini slučajeva moraju prilagoditi bitno drugačijim uvjetima od optimalnih. Postupak smanjenje ukupnog broja mikroorganizama do prihvatljive razine naziva se dezinfekcija. To je postupak u kojemu se patogeni uzročnici uništavaju ili inhibiraju te prestaju biti infektivni. Postupci dezinfekcije mogu se podijeliti u tri velike skupine, a to su mehanički, fizikalni i kemijski postupci dezinfekcije. Mehanički postupci dezinfekcije jesu pranje, čišćenje, ventilacija i filtracija. Postupci čišćenja su pranje, struganje i metenje. Fizikalni postupci dezinfekcije jesu sterilna filtracija, aktinični postupci (dezinfekcija zračenjem), dezinfekcija toplinom te sterilizacija. Kemijska dezinfekcija je uništavanje patogenih mikroorganizama uz pomoć kemijskih sredstva, dezinficijensa. Kod kemijske dezinfekcije koriste se dezinficijensi različite jačine i kemijskog sastava. (6)

Voda je najvažniji prirodni resurs u svijetu jer bez nje ne može postojati život i većina industrija ne može raditi. Iako ljudski život može postojati mnogo dana bez hrane, izostanak vode samo nekoliko dana bi uzrokovao ozbiljne posljedice. Stoga je prisutnost sigurnog i pouzdanog izvora vode bitan preduvjet za uspostavu stabilne zajednice. Povijest pokazuje mnoge prilike u kojima je razvoj poljoprivrede doveo do sukoba u opskrbi vode između zemljoposjednika i doseljenika. Također, veliki razlog sukoba u opskrbi vodom može biti zbog negativnog učinka ljudi i industrijskog otpada na okoliš. To znači da voda kao najvažniji prirodni resurs, zahtijeva pažljivo upravljanje i očuvanje. (7)

Navodnjavanje čini gotovo 70% od ukupne potrošnje vode za ljudsku uporabu, industrija oko 20%, a opća uporaba oko 10%. Navodnjavanje povećava poljoprivrednu produktivnost, a troši velik dio vode koja se povlači isparavanjem iz spremnika, kanala i tla te transpiracijom

usjeva. Ali je to također dovelo do masovnog, prekomjernog korištenja i uništenja podzemnih voda. Veliki udio vode koji se koristi za kućanstva i industriju, vraća se kao otpadna voda. Takva voda je degradirana pa su potrebna velika čišćenja prije nego što se može ponovno koristiti. Postotak korištenja vode za osobnu uporabu (piće, kuhanje, kupanje) je relativno mali u usporedbi s drugim namjenama. Velik problem je pitka voda u nerazvijenim zemljama, odnosno velik broj ljudi nema pristup zdravstveno ispravnoj vodi za piće. Industrija potroši nešto više od 10% vode, ali jako zagađuje ostatak vode koji ostaje neiskorišten. Hidroelektrana čini 20% proizvodnje električne energije i 7% proizvodnje energije u svijetu („International Hydropower Association“, 1999. godine). Industrija će vjerovatno s vremenom postati glavni korisnik uporabe vode te će uzrokovati značajne zdravstvene i ekološke posljedice zbog ispuštanja otpadnih voda. Uz tri velika „korisnika vode“, poljoprivredu, industriju i opće uporabe, vodni resursi pružaju niz drugih usluga kao što su polovidba, rekreacija i turizam. Vodeni promet doživljava značajan rast na globalnoj razini.

(7)

Upotreba bazena vrlo je važna za zdravlje i dobrobit stanovništva za lječilišne, rehabilitacijske i rekreativne svrhe. S obzirom na veliki broj korisnika bazena, vrlo je bitno da se osiguraju prihvatljivi sanitarno - tehnički i higijenski uvjeti te da se na taj način osigura dobra i kontinuirana kvaliteta bazenske vode. Svjetska zdravstvena organizacija je 2000. godine izdala pravilnik kako bi se lakše osigurala odgovarajuća njega bazenske vode. U pravilniku su opisane sve vrste štetnih čimbenika koje su prisutne u bazenima: fizikalni, mikrobiološki i kemijski. Osim prisutnih štetnih čimbenika, opisane su mjere i program nadzora bazenske vode. Kako bi se to ostvarilo, potrebno je određivati parametre laboratorijske analize vode. (5)

Vrlo važna stavka njege bazenske vode je dezinfekcija, odnosno dezinfekcijska sredstva koja uklanjaju patogene uzročnike kontaminacije. Postoji širok raspon dezinfekcijskih metoda, a dvije najčešće su metode s klorom i bromom. (7)

## **1.1 Bazensko kupalište i bazenska voda**

Na temelju članka 10. stavka 8. Zakona o zaštiti pučanstva od zaraznih bolesti (8) ministar zdravlja donosi „Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda“. Bazensko kupalište se sastoji od bazena i površine oko bazena (čisti dio) i od drugih prostora kao što su garderoba, sanitarni čvorovi i slično (nečisti dio). Voda u bazenima koja služi za kupanje, plivanje i medicinsku rehabilitaciju se naziva bazenska voda. Bazenska voda mora zadovoljavati određene fizikalne, kemijske i mikrobiološke uvjete kako bi se osiguralo zdravlje korisnika. Prilikom provođenja dezinfekcije s korekcijom pH vrijednosti i rezidualnog učinka klora, sredstva za dezinfekciju se trebaju ravnomjerno raspodijeliti u bazenskoj vodi kako bi ona bila zdravstvena ispravna. (9) Uporaba sredstava za dezinfekciju u Republici Hrvatskoj je regulirana Zakonom o biocidnim pripravcima i pratećim pod zakonskim aktima. (10)

Također, bitno je da su bazenska kupališta namijenjena za javnu upotrebu opremljena odgovarajućom opremom te da imaju odgovorne osobe koje sa njima upravljaju te nadziru uređaje za mjerenje :

- temperature
- slobodnog klora
- pH vrijednosti bazenske vode
- doziranje dezinfekcijskih sredstava
- doziranje sredstava za korekciju pH vrijednosti

### **1.1.1 Fizikalni čimbenici bazenske vode**

Pod fizikalne čimbenike bazenske vode podrazumijevamo filtraciju, kruženje i protok bazenske vode te ostale čimbenike (flokulacija, kontrola masti i ulja). Kontrola fizikalnih čimbenika je prva stavka sprječavanja lošije kvalitete bazenske vode. (6)

- Filtracija

Filtracija je pojam koji se koristi za mehaničko čišćenje bazenske vode. Filter uklanja gotovo sve čestice iz bazenske vode. Čestice nastaju zbog bazenskih korisnika ili padalina, a ako nisu ispravno filtrirane, bazenska voda će postati mutna. (6) Najčešće se koriste filtri s pješčanim punjenjem, odnosno kvarcni pijesak koji je slojevito raspoređen ovisno o granulaciji. Nečistoće se zaustavljaju cirkulacijom bazenske vode kroz filter na površinskom sloju kvarcnog pijeska najmanje granulacije (0,4- 0,8mm). Bazenska crpka s mrežastim predfiltrom za skupljanje grubih nečistoća omogućava protok bazenske vode. Filtracijska pumpa usisava vodu iz bazena, zatim voda prolazi kroz filter te se kemijski obrađuje i ubacuje u bazen preko mlaznica pomoću tlačnog cjevovoda. Zatim usisni cjevovod dovodi vodu na cirkulacijsku filtersku crpku koja tlači vodu kroz filter. Filter koji se najčešće koristi za filtriranje vode je tlačni, visokoučinski pješčani filter s brzinom filtracije do 40m<sup>3</sup>/h. Voda za bazen ulazi u gornji prostor filtera, filtrira se preko sloja silikatnog pijeska odgovarajuće granulacije, do donje zone filtera. Potom se filtrat potiskuje u cjevovod prema bazenu. Takvi filtri su izuzetno povoljni u radu, jednostavni su, i najzastupljeniji u bazenskoj tehnici (11).

- Kruženje i protok

Kruženje bazenske vode je proces redovitog premještanja sve vode u bazenu, pumpi i filtera. Nasuprot tome, protok bazenske vode je vrijeme potrebno da određena količina vode prođe kroz bazensku crpku. U ovisnosti o kapacitetu pumpe za kruženje i protok bazenske vode nalazi se i sama kvaliteta vode u bazenu te cijeli proces osiguravanja njezine zdravstvene ispravnosti. (6)

- Flokulacija

Naziva se još upuhaljivanje i predstavlja proces nakupljanja mikročestica, odnosno nečistoća koje filter ne može zadržati zato što su premale. Mikročestice su negativno nabijene te se zbog jednakog naboja one međusobno odbijaju. Upravo zbog toga se ne skupljaju zajedno pa

lakše prolaze kroz filter i uzrokuju mutnoću bazenske vode. To se može riješiti pomoću dodavanja sredstva za bistrenje vode koji sadrži otopinu s pozitivno nabijenim česticama. Ta otopina neutralizira naboj negativnih čestica, skuplja se s njima te se zatim lako filtrira. (5)

Ostali čimbenici

Korisnik bazena mogu donijeti niz onečišćenja (organskog ili anorganskog podrijetla) koji utječu na cjelokupnu kvalitetu bazenske vode. Stoga je bitno za konačnu kategoriju zdravstvene ispravnosti voditi računa o njezi bazenske vode.

### **1.1.2 Kemijski čimbenici**

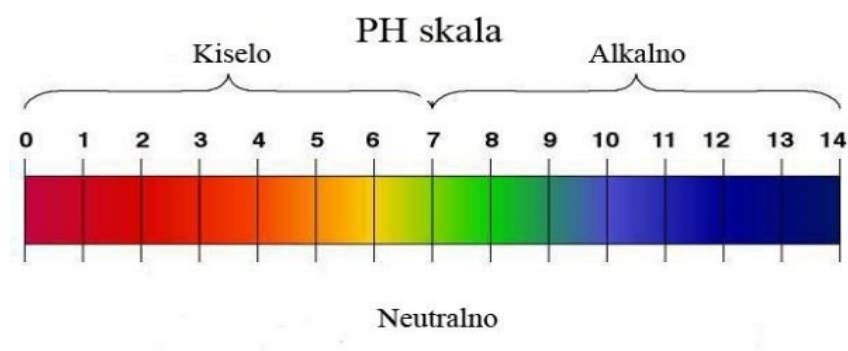
Kemijski čimbenici imaju vrlo važnu ulogu za kvalitetnu i higijenski ispravnu bazensku vodu. Uz odgovarajuću kontrolu kemijskih čimbenika, sprječava se stvaranje mrlja na površinama bazenske vode, mutnoća bazenske vode, korozija bazenskih površina i osigurava se pravilno djelovanje sredstava za čišćenje. Postoji pet kemijskih čimbenika koji utječu na kvalitetu bazenske vode. Oni su navedeni u nastavku prema važnosti zajedno s njihovim idealnim vrijednostima:

- pH vrijednost (7,2- 7,8)
- Ukupna lužnatost (80- 120ppm)
- Tvrdoća kalcija (100- 400ppm ili 15 i 25 °F)
- Metali (ne smiju biti prisutni)
- Ukupna količina otopljenih tvari (250- 1500ppm)

Prva tri kemijska čimbenika zajedno s temperaturom vode, određuju ukupnu vodnu bilancu. Vodna bilanca je pojam koji se koristi za vodu koja je nagrizaјуća. Kada su navedeni parametri narušeni nastaju uvjeti promijenjenih vrijednosti kada voda postaje mutna, stvara korozija površine bazena (uništavanje zidova bazena) i opreme kao što su grijači. (11)

- Ph vrijednost

Ispravna pH vrijednost je broj koji označava mjeru lužnatosti, neutralnosti ili kiselosti vode. To je najvažniji kemijski faktor bazenske vode (12). Mjeri se na skali od 0 do 14, pri čemu je: 0-7 kiselo, 7 neutralno, 7-14 lužnato. Idealna pH vrijednost bazenske vode je između 7,2 i 7,8 (Slika3). Mjeri se pomoću priručnog mjerača, POOLTESTER-a. U početku treba dnevno provjeravati pH vrijednost bazenske vode, a kada se Ph stabilizira ritam provjere je tjedni (12). Pri pH vrijednosti manjom od 7,2, bazenska voda se smatra korozivnom, tj. dolazi do korozije metalnih dijelova na instalacijama, filteru i izmjenjivaču topline ali i dezinfekcija je izvan idealnih granica manje efektivna. Pri pH vrijednostima većim od 7,8, bazenska voda će postati zamućena zbog klacija, osjetit će se miris klora i doći će do iritacije očiju i kože. Kalcij je relativno nestabilan mineral koji pri višim pH vrijednostima postaje manje topiv i ima veću sklonost taloženju što dovodi do zamućenja bazenske vode. Također, klor koji se koristi kao sredstvo za dezinfekciju, djelotvorniji je pri nižim pH vrijednostima. Stoga će to dovesti do potrošnje većih količina klora nego pri normalnim razinama pH vrijednosti. pH vrijednost bazenske vode se podešava uz pomoć regulatora. Za povećanje pH vrijednosti bazenske vode koristi se regulator pH plus-granulat, a za smanjenje se koristi regulator pH minus-granulat (13).



Slika 3. Idealna pH vrijednost bazenske vode (14)

- Ukupna lužnatost

Ukupna lužnatost je količina otopljenih soli u vodi, a predstavlja ukupnu mineraliziranost vode. (15) Također, to je sposobnost vode da se odupire promjeni pH vrijednosti, a glavna svrha je kontrola pH vrijednosti. Mjeri se u dijelovima na milijun (ppm), a idealna vrijednost je između 80 i 120ppm. Ako je lužnatost preniska ili previsoka, voda postaje kisela odnosno lužnata, odnosno pH vrijednost se mijenja iz neutralnog raspona te utječe na rast mikroorganizama u bazenskoj vodi. Balansiranje pH bazenske vode neophodno je za održavanje pravilne bazenske njege a posljedično dobivanje zdravstveno ispravne vode za kupanje.

- Tvrdoća kalcija

Tvrdoća kalcija pokazuje koncentraciju bikarbonata kalcija otopljenih (oslobođenih) u vodi (16). S obzirom na tvrdoću kalcija, bazenska voda može biti tvrda ili meka. Pojam meke vode se odnosi na vodu s manjom koncentracijom kalcija, a pojam tvrde vode se odnosi na vodu s višom koncentracijom kalcija. Na kalcij utječu pH vrijednost, ukupna lužnatost i temperatura bazenske vode. Ako se pH vrijednost ili vrijednost ukupne lužnatosti smanji ili poveća od idealne vrijednosti, kalcij postaje nestabilan što uzrokuje mutnoću bazenske vode. Što je veća temperatura vode, to je veća vjerojatnost taloženja kalcija u bazenskoj vodi. (11). Idealna koncentracija kalcija u bazenskoj vodi je između 100 i 400ppm, a više razine mogu biti prihvatljive ako se njima pravilno upravlja.

- Metali

Problemi nastajanja mrlja na površinama bazena najčešće su povezani s metalima: željezom, bakrom i manganom. Svaki od ovih metala može ući u bazen na nekoliko načina i reagirati na različite načine. Jedan od najčešćih načina na koji ovi metali ulaze u bazen je kroz vodu za punjenje bazena. Stoga, prije punjenja bazena, uvijek treba provjeriti da li je voda testirana na



sva tri metala uz ostale kemijske parametre. Na taj način će se postići bolja priprema za početni tretman bazena, ravnoteža vode i kontrole mrlja na površinama bazena. (11)

- Ukupna količina otopljenih krutih tvari

Ukupna količina otopljenih tvari u bazenskoj vodi je zbroj svih tvari otopljenih u vodi te je to najmanje važan kemijski čimbenik. Idealna vrijednost je 250 ppm i više. Općenito, kada koncentracije postaju više od 1500 ppm dolazi do mutnoće vode, poteškoća u održavanju ravnoteže vode te smanjene aktivnosti dezinfekcije. Jedini način za smanjenje ukupne količine otopljenih krutih tvari u bazenskoj vodi je zamijeniti dio vode sa svježom vodom. Ukupna količina otopljenih krutih tvari u bazenu sastoji se od mnogo različitih kemijskih spojeva, što znači da ovisi više o sastavu, nego o količini otopljenih krutih tvari. Na primjer, natrijev klorid je jako topiv u vodi pa stoga neće izazvati problem, dok kalcijevi spojevi mogu izazvati probleme pri niskim koncentracijama. (16)

### **1.1.3 Biološki čimbenici**

Kontrola bioloških čimbenika svakako predstavlja neophodan proces njihovog uništavanja ili dezinfekciju, bilo tretmanom šok oksidacije, superkloriranjem ili kontrolom algi. To su ključni elementi u održavanju čiste bazenske vode. (6)

- Tretman šok oksidacijom i superkloriranje

Bez obzira na to koji se način dezinfekcije koristi, nužna je kontrola organskog onečišćenja. Korisnici bazenskih kupališta mogu u bazensku vodu unijeti organske i anorganske kontaminantne koji se akumuliraju i te ulaze u kemijske reakcije s klorom vezujući se za slobodnim ionima stvarajući pri tome vezani rezidualni klor. Redovito uklanjanje tih tvari je nužno, a najbolji način za uklanjanje je redovita oksidacija bazenske vode. Tretman šok oksidacijom ili superkloriranje se koriste za uništenje otpada. Izraz „tretman šok oksidacijom“ se koristi kada se za organsko onečišćenje koristi šok- oksidans koji nije klor. Suprotno tome, izraz „superkloriranje“ se koristi kada se koristi iznenadna i velika doza klora. U oba slučaja

cilj je uništiti organsko onečišćenje koje pogoduje stvaranju vezanog rezidualnog klora ili nakupljanja kemijski spojeva nastalih kao nusprodukti kloriranja a koji mogu uzrokovati iritacije kože ili imati štetan utjecaj po zdravlje korisnika bazena. Šok oksidacija se koristi pri izbjegavanju problema nakon obilnih kiša koje ostavljaju veliku količinu organskog materijala u bazenskoj vodi. Ti organski materijali mogu uzrokovati povećanje koncentracije vezanog rezidualnog klora ili rast algi u bazenu. „Superkloriranje“ se koristi kako bi se prilikom prvog punjenja bazenske vode uništila potencijalna organska onečišćenja unesena prilikom punjenja bazena.

Superkloriranje djeluje na način da dovoljna koncentracija dodatnog klora reagira s organskim otpadom koji se potom oksidira. Tek tada se vezani rezidualni klor razgrađuje na slobodni klor. Potrebno je dodati deset puta veću količinu klora od količine vezanog rezidualnog klora u bazenskoj vodi da bi se razgradio na slobodni klor. Iako je superkloriranje učinkovito, ono ima brojne nedostatke koji uključuju:

- potrebna je velika količina klora,
- može oštetiti opremu bazena i opremu korisnika bazena,
- narušava ravnotežu vode,
- teško je odrediti odgovarajuću dozu klora,
- korisnici bazena ne smiju koristiti bazen sve dok se razina klora ne smanji između 1ppm i 4ppm

Pri korištenju dodatnog klora za uništenje vezanog rezidualnog klora vrlo je bitno paziti na količinu dodanog klora jer prevelika količina može uzrokovati neugodan miris baznske vode i iritaciju kože korisnika kupališta. (17)

Tretman šok oksidacijom je izraz koji se koristi kada koristimo metodu za uništenje organskog onečišćenja koja sadrži jedinstveni oksidans umjesto klora. Šok oksidacijom bez

klora se izravno oksidira bazensko organsko onečišćenje pa se taj tretman koristi samo ako nije došlo do nastanka vezanog rezidualnog klora u bazenu.(11) Šok oksidacija ima nekoliko značajnih prednosti, uključujući:

- ne zahtjeva dodatno korištenje klora,
- nije štetna za bazensku opremu i opremu korisnika bazena,
- ne može poremetiti ravnotežu vode,
- lako se određuje potrebna doza,
- korisnici mogu koristiti bazen 15 minuta nakon tretmana
  
- Kontrola algi

Alge su najjednostavniji fotosintetski, biljni organizmi. Alge rastu u velikim kolonijama u pogodnim uvjetima koje zadovoljava bazenska voda. Nisu izvor infekcija, ali odumrle alge služe kao hrana za bakterije pa su idealna podloga za njihov razvoj. (18) Rast algi je možda najočigledniji čimbenik da je došlo do disbalansa bazenske njege. Pravilno održavanje bazena će omogućiti lako sprječavanje rasta algi.

Postoje dvije osnovne skupine algi :

- Slobodno plutajuće vrste (zelene i žute alge)
- Crne alge

Slobodno plutajuće vrste (zelene i žute alge) koje se lako nasele na površine bazena kao što su zidovi i podovi, ali nisu pričvršćene na njih pa se lako čiste. One imaju tendenciju obojiti bazensku vodu u zelenu ili žutu boju. Na Slici 4. je prikazano zeleno obojenje bazenske vode uzrokovano zelenim algama. Zelene alge su najčešće alge na bazenima. To su oportunističke alge pa vrlo lako rastu kada dođe do nekog disbalansa kemijskih parametara bazenske vode. Česta pojava zelenih algi je poslije kišnih oluja, osobito onih s munjama zato što dušik dolazi u bazensku vodu koji služi kao hrana algama. Dušik ne samo da hrani alge, već uništava i

ostatke klora formirajući vezani rezidualni klor. Žute alge su po obliku slične zelenim algama, ali puno sporije rastu i imaju manje klorofila (zelenog pigmenta). Budući da žute alge rastu vrlo sporo, teško ih je uništiti. U trenutku kada postanu vidljive čovjeku, vjerovatno su prisutne u bazenu već nekoliko tjedna prije toga (Slika 5). S obzirom da imaju malo klorofila kojemu pogoduje svjetlo, žute alge rastu u tamnim područjima bazena kao što su vodovod i filtri. Upravo zbog toga je vrlo teška kontrola njihova rasta.



Slika 4. Zeleno obojenje bazenske vode uzrokovano rastom zelenih algi (19)



Slika 5. Rast žutih algi u bazenu (20)

Crne alge su zajednički naziv za tamno modro - zelene alge. Najlakše ih je spriječiti, ali ukoliko narastu u bazenu, najteže ih je uništiti. Pojavljuju na mjestima gdje loša cirkulacija bazenske vode, kao što kutovi ili duboki dijelovi bazena (Slika 6). Kada počnu rasti u bazenu, one razvijaju specijalizirane stanice koje zatvaraju pore površina bazena. Također, vanjski slojevi kolonije stvaraju voštani sloj koji djeluje kao obrambeni mehanizam na način da sprječava djelovanje klora i algicida. Stoga, korišteni algicid treba sadržavati „prodirajući“ agens koji prodire u pore bazena te uništava voštani sloj crnih algi. (21)



Slika 6. Rast crnih algi u bazenu (22)

Rast obje vrste algi može se lako spriječiti uporabom algicida kao dio redovitog programa održavanja bazena. Potrebna je puno manja količina algicida za sprječavanje rasta algi nego za uklanjanje već nastalih algi u bazenu. Također, redovita primjena algicida se preporučuju kako bi se spriječila neuspješna dezinfekcija bazenske vode. Klor i brom se zbog svoje hlapljive prirode, mogu „izgubiti“ u bazenskoj vodi zbog grešaka u opremi, obilnih padalina ili velikog broja bazenskih korisnika. Ako se to dogodi bez prisutnosti algicida, doći će do

ubrzanog rasta algi u nekoliko sati. Međutim, ako je algicid prisutan, on će djelovati kao prevencija rasta algi. (21)

## **1.2 Dezinfekcija bazenske vode**

### **1.2.1 Mehanizam djelovanja klora**

Baktericidno djelovanje klora i njegovih spojeva na mikroorganizme se događa zbog promjena u fizikalno-kemijskom stanju stanice i na ometanju njihova metabolizma. Proces klorinacije je oksidacijski proces, odnosno proces izmjene naboja reagirajućih tvari (17). Slobodni rezidualni klor je najpoželjniji oblik klora za dezinfekciju bazenske vode i oblik koji je odgovoran za stvarnu aktivnost dezinfekcije u vodi. Mjeri se pomoću pribora za ispitivanje slobodnog klora te je njegova koncentracija u bazenu vrlo bitna. Ako slobodan klor nije prisutan u bazenskoj vodi, vrlo će se teško održavati dezinfekcija. Slobodni klor se sastoji od dvaju spojeva: hipokloritna kiselina i hipokloritni ion koji su u ravnoteži. To znači da oni zajedno čine 100% sadržaja slobodnog klora. Na primjer, ako 25% slobodnog klora čini hipokloritna kiselina, preostalih 75% čini hipokloritni ion. Važno je naglasiti da je hipokloritna kiselina djelotvornija kao dezinficijens, stoga je bitno da ona čini veći dio slobodnog klora. Međutim, koncentracija hipokloritne kiseline i hipokloritnog iona ovisi o pH vrijednosti bazenske vode. To je jedan od bitnijih razloga zašto je važna pravilna pH vrijednost. Kada se pH vrijednost povećava ili smanjuje, relativna količina komponenti slobodnog klora se također mijenja. Tablica 1. prikazuje koliko je prisutno hipokloritnog iona i hipokloritne kiseline pri različitim pH vrijednostima. Na pH vrijednosti 7,5, samo oko polovice slobodnog klora ima poželjan oblik hipokloritne kiseline. Koncentracija hipokloritne kiseline se povećava sa smanjenjem pH vrijednosti, te se s time smanjuje i stabilnost slobodnog klora. S povećanjem pH vrijednosti, povećava se stabilnost slobodnog klora, ali se smanjuje njegova dezinfekcijska aktivnost. Pri pH vrijednosti između 7,2 i 7,8, slobodni klor

je najučinkotiji i ekonomski je najpovoljniji. Niža pH vrijednost je štetna za bazen i bazensku opremu, a viša pH vrijednost slabi dezinfekcijsko djelovanje klora. (11)

Tablica 1. Prisutnost spojeva (hipokloritna kiselina i hipokloritni ion) slobodnog klora pri različitim pH vrijednostima

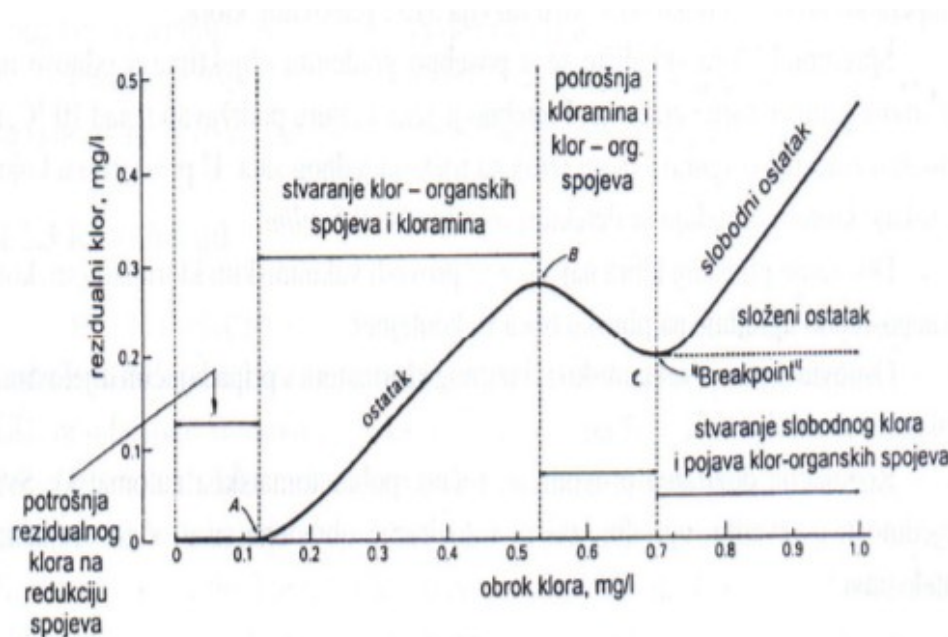
pH	% hipokloritna kiselina	%hipokloritni ion
<b>6,0</b>	97	3
<b>7,0</b>	75	25
<b>7,5</b>	50	50
<b>8,0</b>	23	77
<b>9,0</b>	3	97

Slobodni rezidualni klor je vrlo reaktivan te kada se jednom doda u vodu vrlo brzo napada organsko onečišćenje. Kada se to dogodi, taj klor se više ne smatra slobodnim klorom jer se njegov oblik promijenio te poprima oblik vezanog rezidualnog klora. Organsko i anorgansko onečišćenja se uglavnom sastoje od amonijevih i dušikovih spojeva, pa se zbog toga vezani rezidualni klor uglavnom sastoji od dušikovih spojeva. Vrlo je stabilan spoj, ali ima vrlo malu ili nikakvu sposobnost dezinfekcije. Također, to je spoj koji je odgovoran za opekline kod očiju, iritacije kože te uzrokuje neugodni miris klora u bazenu. Stoga je ključno da se održava na minimalnoj koncentraciji (maksimalno 0,2ppm) zbog utjecaja na zdravstvenu ispravnost bazenske vode. (23)

Ukupni klor je zbroj koncentracije slobodnog rezidualnog klora i vezanog rezidualnog klora. Ukupni klor se mjeri pomoću ispitnih kompleta ili indikatorskih test traka. Za određivanje koncentracije vezanog rezidualnog klora, prvo treba izmjeriti koncentraciju slobodnog klora,

zatim ukupnu koncentraciju klora. Razlika u tim dvjema vrijednostima je koncentracija vezanog rezidualnog klora u bazenskoj vodi. (23)

Na Slici 7 je shematski prikazan tijek kloriranja. Proces kloriranja je oksidacijski proces, odnosno proces izmjene najboja reagirajućih tvari. Oksidacijski aktivitet klora, odnosno rezidualnog klora se sastoji od uzimanja elektrona od mikroorganizama u vodi (A). S obzirom da su u vodi otopljene organske tvari i amonijak, klor reagira s njima u procesima oksidacije. Kada se to dogodi, klor više se ne smatra slobodnim, nego vezanim rezidualnim klorom (kloramini ili klor- organski spojevi) (B). U lomnoj točki C završava oksidacija te nastaju slobodni rezidualni klor i vezani rezidualni klor (klor- organski spojevi). (23)



Slika 7. Shematski prikaz tijeka kloriranja (23)



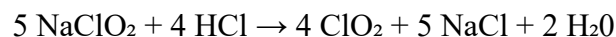
### 1.2.2 Klor i sredstva na bazi klora

Najčešće korišten dezinficijens za dezinfekciju bazenske vode su klor i njegovi spojevi: elementarni klor, klorni dioksid, kalcijev i natrijev hipoklorit, kalcijev klorid- hipoklorit i kloramini.

Elementarni klor je žuto- zeleni i otrovan plin koji nastajate elektrolizom natrijevog klorida. Vrijeme potrebno za dezinfekciju bazenske vode je 30 minuta. Doza koju je potrebno dodati u bazensku vodu je između 0,5 i 1 miligrama po litri. Kod doze su bitne dvije stavke: potreba vode za klorom i rezidualni klor. Potreba vode za klorom je količina klora izražena u miligramima po litri kojeg je potrebno dodati do pojave rezidualnog klora. A rezidualni klor je koncentracija klora izražena u miligramimima po litri, koja je zaostala u vodi kao višak nakon reakcija klora s tvarima koje se mogu oksidirati u vodi.

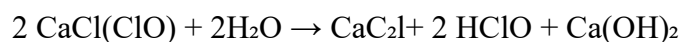
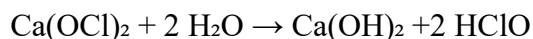
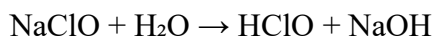
Sredstva na bazi klora su klorni dioksid, hipokloriti i kloramini (23). U tablici 2. su navedeni neki oblici klora i njihove karakteristike .

Klorni dioksid je po dezinfekcijskom djelovanju, najefikasnije sredstvo za dezinfekciju bazenske vode na bazi klora. Klorni dioksid je otrovan i nestabilan plin koji se ne može skladištiti ni transportirati pa se zbog toga proizvodi na mjestu uporabe u obliku 2%- tne vodene otopine. Nastaje u reakciji natrijevog klorita i klorovodične kiseline:

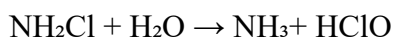
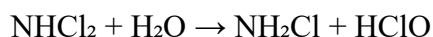
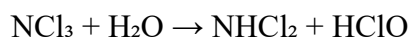


Potrebna količina doziranja klornog dioksida je između 0,1 do 0,4 miligrama po litri vode. Prednosti klornog dioksida su: dva puta je jači oksidans od elementarnog klora, vrijeme potrebno za dezinfekciju je 15 minuta, duže se zadržava u vodi i ne stvara klorirane organske spojeve. S obzirom da je jako oksidacijsko sredstvo, služi i za uklanjanje mangana, željeza, boje te za poboljšanje okusa i mirisa (18).

Hipokloriti djeluju istim kemizmom kao elementarni klor, nastaje hipokloritna kiselina. Kao dezinfekcijska sredstva se koriste natrijev (10- 14% aktivnog klora) i kalcijev (70% aktivnog klora) hipoklorit te kalcijev klorid- hipoklorit (25- 35% aktivnog klora):



Kloramini sadrže 25% aktivnog klora te su stabilniji od hipoklorita. U bazensku vodu se istovremeno dodaju klor i amonijak, odnosno dodaju se gotovi kloramini (trikloramin, dikloramin ili monokloramin) (17).



Tablica 2. Oblici i karakteristike klora za dezinfekciju bazenske vode

<b>Natrijev hipoklorit (tekući klor)</b>	tekući	10-12%
<b>Diklor (granulirani, stabilizirani klor)</b>	granuliran	56-62%
<b>Triklor (tabletirani, stabilizirani klor)</b>	tablete, paketići i štapići	90%
<b>Kalcijev hipoklorit (granulirani, nestabilizirani klor)</b>	granuliran	47-75%

### 1.2.3 Brom

Klor i brom su halogeni elementi. Iako brom nije toliko popularan kao klor, također se koristi kao dezinficijens. Brom je dostupan u tri osnovna oblika: tablete, štapići i kapsule. Kada se

brom doda u bazensku vodu, stvara bromnu kiselinu. Za razliku od hipokloritne kiseline koju stvara klor, bromna kiselina manje ovisi o pH vrijednosti bazenske vode. Također, kada se bromna kiselina spaja s organskim onečišćenjem bazenske vode, ne smanjuje se učinkovitost broma kao dezinficijensa. Nadalje, daljna prednost broma je to što novonastali spojevi, bromamini, ne uzrokuju opekline oko očiju, iritaciju kože i neugodne mirise bazenske vode. Upravo zbog toga nije potrebno mjeriti slobodni i kombinirani brom. Potrebno je samo izmjeriti ukupni brom. U bazen se dodaje mala količina inertne soli natrijevog bromida. Zatim se voda tretira s posebnim sredstvom za oksidaciju ili s klorom. Oksidans ili klor djeluju na pretvaranje natrijevog bromida u slobodni brom. Kada se klor koristi na ovaj način, ne djeluje kao dezinficijens. (23) Na Slici 8 je prikazan automatski dozator za tablete klora i broma koji omogućava njihovo jednostavno korištenje.



Slika 8. Automatski dozator za tablete klora i broma (24)

#### 1.2.4 Ozon

Ozon je vrlo reaktivan oksidator te je najdjelotvorniji u uništenju mikroorganizama. Budući da je toliko reaktivan, potrebno ga je proizvoditi na mjestu njegove primjene u posebnim generatorima (Slika 9). U generatoru se proizvodi izotop kisika električnim pražnjenjima iz kisika koji je u zraku. Budući da je ozon otrovan, prije nego li dospije u bazen se mora ponovno raspasti u kisik. To se može postići da se naknadno dogradi filter s aktivnim zrnatim ugljenom (19). Nedostatak ozona je što nije stabilan pa zbog toga nema dugo dezinfekcijsko

djelovanje. Stoga se najčešće koristi kao pomoćno dezinfekcijsko sredstvo kloru ili bromu zato što smanjuje njihovu koncentraciju na razinu koja je potrebna za rad određenog bazena.

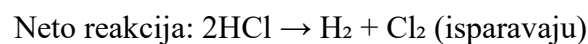
(23) Ako se uz generator ozona u bazen doda uređaj za dezinfekciju ( dozator za klor ili brom), dovoljna je puno manja količina klora ili broma za dezinfekciju bazenske vode (18).



Slika 9. Generator ozona (25)

### 1.2.5 Elektroliza natrijevog klorida

Elektrolizom natrijevog klorida se proizvodi suvišak hidroksilnih iona prilikom oslobađanja klora, što čini bazen lužnatim (natrijev hidroksid, NaOH). To zahtjeva dodatak klorovodične kiseline (HCl) kako bi se neutralizirala lužnatost i kako bi se natrijev hidroksid pretvorio natrag u natrijev klorid (NaCl). Taj pretvoreni natrijev klorid se može ponovno razdvojiti elektrolizom. Potrošni materijal koji opskrbljuje sav klor je klorovodična kiselina pri čemu je natrijev klorid neiskorišteni posrednik. Cijeli taj proces je uravnotežen, odnosno količina proizvedenog klora jednaka je količini klorovodične kiseline. Cijeli proces se može objasniti sljedećim reakcijama:



Prednosti elektrolize natrijevim kloridom uključuju: praktičnost, sredstvo za dezinfekciju na bazi klora, manji broj nepoželjnih nusprodukata (kloramini, trihalometani), jeftiniji za održavanje tijekom cijele godine. Iako ova metoda ima mnogo prednosti, ima i svoje nedostatke koji su: korozivnost soli, nastajanje taloga kalcija.(23)

Solinator je uređaj koji koristi elektrolizu u prisutnosti soli (Slika 10). Koristi natrijev klorid kako bi proizveo plinoviti klor ili njegov otopljeni oblik, natrijev hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ) koji se koristi kao sredstvo za dezinfekciju.

Umjesto natrijevog klorida može se upotrijebiti natrijev bromid od kojega nastaje brom. Nije potrebno koristiti kiselinu na bazi klorida za uravnoteženje pH vrijednosti. Prednosti i nedostaci ove metode su isti kao i kod natrijevog klorida (23).



Slika 10. Solinator (26)

### 1.2.6 Ultraljubičasto (UV) zračenje

Ultraljubičaste zrake (UV) su dio prirodne sunčeve svjetlosti, ali nisu vidljive ljudskom oku. Ultraljubičasto zračenje je elektromagnetsko zračenje kojemu je valna duljina između 200 i 400 nanometara. Najunčikovitija valna duljina za dezinfekciju bazenske vode je u UVC području, odnosno kratkovalnom (biocidnom) zračenju pri 254 nm. Zračenje pri toj valnoj duljini razorno djeluje na stanicu mikroorganizama te sprječava njihovu daljnju replikaciju.

Uv zrake učinkovito i trajno uništavaju sve mikroorganizme u bazenskoj vodi, bez štetnih kemikalija i utjecaja na pH vrijednost (20). Glavna prednost je što se ne mijenjaju miris, okus i boja bazenskoj vodi. Za dezinfekciju bazenske vode se koristi UV lampa koja umanjuje upotrebu dezinficijensa i sa svojim zračenjem doprinosi prirodnoj kvaliteti bazenske vode (Slika 11) (23).



Slika 11. UV lampa (27)

### 1.2.7 Hidroliza s ionizacijom bakra i srebra (Cu/ Ag)

Hidroliza je raspad složenih kemijskih spojeva u reakciji s vodom. Odvija se cijepanjem kovalentnih veza prilikom prolaska struje kroz vodu (23). Tada se vodikov atom iz vode spaja s jednim produktom raspada, a hidroksidni ion s drugim produktom raspada.



U hidrolizi se događaju sekundarne reakcije koje proizvode ione koji služe kao dezinfekcijska sredstva. Oksidacija hidrolizom djeluje na način da kapacitira bakrov i srebrov ion koji imaju ulogu antibakterijskih reagensa i flokulanata. U kombinaciji s hidrolizom vode, bakrov i srebrov ion razdvajaju molekulu vode na kisik, vodikov peroksid i ozon. U toj reakciji se događa proces oksidacije, odnosno flokulacije bez dodatka kemijskih sredstava. Uređaj za hidrolizu bazenske vode koji sadrži dodatak za ionizaciju srebra i bakra, stvara: kisik, ozon i vodikov peroksid (Slika 12). Stvaranjem tih produkata, uređaj automatski dezinficira vodu (23).



Slika 12. Uređaj za hidrolizu s ionizacijom bakra i srebra(28)

### 1.3 Trihalometani kao nusprodukti dezinfekcije klorom ili bromom

Klor se koristi kao dezinficijens za dezinfekciju vode od početka 1900-ih. Ima brzo djelovanje za uništenje mikroorganizama i dugotrajno djelovanje. Također, to je relativno jeftina i dugotrajna metoda. Međutim, nedavno je otkriven niz nedostataka korištenja tekućeg klora kao dezinfekcijskog sredstva. Najveći nedostatak je proizvodnja trihalometana (THM-a) reakcijom klora (ili broma) s organskim materijalima. Odnosno, nastaju u reakciji klora i huminske kiseline koja je prirodno prisutna u sirovoj vodi (Slika 13A). Trihalometani su hlapivi ugljikovodici: kloroform, bromoform, dibromklor metan i diklor metan. Na slici 13B je prikazana strukturna formula spojeva: kloroforma, dibromklor metana i diklor metana.

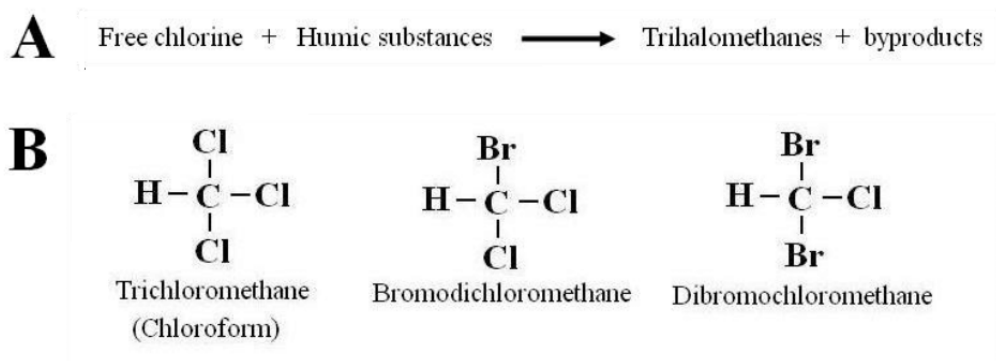
U organizam se mogu unijeti preko kože, udisanjem i gutanjem jer se nalaze u bazenskoj vodi i u zraku oko nje. Trihalometani su parametar za kvalitetu bazenskih voda, a ovisi o broju kupaca, pH, ukupnom organskom ugljiku i temperaturi vode (29). Trihalometani su istraživanjem na laboratorijskim životinjama povezani s rakom. Nusprodukti kloriranja vode su također povezani s rakom rektuma i raka mjehura kod ljudi tijekom epidemioloških studija (30). Preporuka Ministarstva zdravstva za maksimalno dopuštenu koncentraciju trihalometana za bazene je 0,02 mg/l ili do vrijednost 100.(9)

U većim koncentracijama su karcinogeni te se mogu detektirati u dahu i krvi kupaca. Nekoliko studija je mjerilo povećanje razine trihalometana u krvnoj plazmi nakon plivanja u

kontaminiranoj vodi. Istraživanje provedeno u Danskoj, pokazalo je da plivači koji treniraju dva sata u vodi kontaminiranoj s 150 ppb kloroforma apsorbirali 5mg ovog spoja (29).

Budući da su trihalometani nestabilni, oni vrlo brzo napuštaju okoliš bazena nakon formiranja i odlaze u atmosferu sve do ozonskog omotača. Tamo sudjeluju u fotokemijskim reakcijama koje oslobađaju halogene atome koji pridonose oštećenju ozona.

Trihalometani se mogu smanjiti ako se primijenjuju oksidacijske i filtracijske metode, ako se reduciraju jodid i bromid te provjetranjem zatvorenih bazena. Bitno je naglasiti da zdravstveni rizik od ovih nusprodukata je zanemariv u usporedbi s rizikom koji bi nastao neadekvatnom dezinfekcijom (30).



Slika 13. Reakcija nastanka (A) i strukturna formula (B) trihalometana (29)



## 2. Cilj istraživanja

Cilj rada je prikazati načine i važnost dezinfekcije bazenske vode. Odnosno, kroz analizu 12 uzoraka prikupljenih tijekom godine dana prikazati učinkovitost jednog od tih načina, dezinfekciju bazenske vode pomoću klora . Testirani su mikrobiološki kontaminanti (*Escherichia coli*, ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*) i fizikalno - kemijski parametri (boja, mutnoća, pH vrijednost, oksidativnost, električna vodljivost, slobodni klor, trihalometani) vode kako bi se dokazalo da je kvaliteta sukladna Pravilniku o sanitarno- tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda.

### 3. Materijali i metode

U radu su korišteni podaci rutinske provjere uzoraka zatvorenog bazena sa slatkom vodom iz Ispitnog izvješća Nastavnog Zavoda za javno zdravstvo Primorsko- goranske županije unutar jedne kalendarske godine dana (Slika 14). S obzirom da taj zatvoreni bazen ima instaliranu opremu za automatsko doziranje i opremu koja kontinuirano evidentira sve propisane parametre (slobodni klor, temperaturu i pH), uzorkovanje je vršeno jedanput mjesečno tijekom tijekom jedne kalendarske godine.



Slika 14. Zatvoreni bazen

#### 3.1 Uzorkovanje

Uzorkovanje je provedeno prema normi HRN ISO 19458:2008.

Način na koji se uzorci prikupljaju ima izravan utjecaj na kvalitetu analitičkih analiza. Kako bi se smanjio rizik od onečišćenja uzoraka, moraju se poduzeti osnovne mjere opreza kako bi se dobio reprezentativan uzorak. Svi uzoraci nose se na analizu u laboratorij, ali se neke analize provede „in situ“ pomoću prenosivih analitičkih instrumenata (temperatura, pH

vrijednost i koncentracija slobodnog klora). Uzorci bazenske vode uzimaju se u staklene mikrobiološki sterilne spremnike.

Uzorke namijenjeni „in situ“ analizi:

- Prikupljaju se tijekom normalnog radnog vremena
- Prikupljaju se na području koje korisnici ne posjećuju u vrijeme uzorkovanja
- Spremnici za uzorke se trebaju isprati uzorkom prije punjenja te ih treba obrisati prije punjenja (vanjska površina mora biti čista i suha)
- Spremnici se trebaju napuniti do potrebne razine kako ne bi došlo do odstupanja u mjerenjima

Uzorci namijenjeni laboratorijskoj analizi:

- Prikupljaju se u sterilne spremnike koje je dostavio akreditirani laboratorij
- Prostor između tekućine i poklopca spremnika mora biti najmanje 2,5 cm kako bi se uzorak mogao lakše homogenizirati za mikrobiološku pretragu dok za kemijske pretrage uzorak mora biti napunjen do vrha kemijski čiste staklenke.
- Spremnici se nikad ne ispiru zato što sadrže konzervanse koji su potrebni za analizu
- Oprema za uzorkovanje se treba skladištiti na čistom i prozračenom mjestu
- Uzorci se moraju čuvati na temperaturi od +4°C u rashladnoj komori do njihovog prijema u laboratorij

### **3.2 Analitičke metode za ispitivanje bazenske vode**

Kakvoća bazenske vode ocjenjuje se prema mikrobiološkim i fizikalno- kemijskim pokazateljima. U mikrobiološke pokazatelje ubrajaju se: *Escherichia coli*, ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C, *Pseudomonas aeruginosa* i *Legionella pneumophila*. U fizikalno - kemijske parametre ubrajaju se: boja, mutnoća, pH vrijednost, oksidativnost, električna vodljivost, slobodni klor i trihalometani.

### 3.2.1 Fizikalno- kemijski pokazatelji

- Mutnoća

Mutnoća vode se mjeri na optičkom instrumentu, turbidimetru. Rezultati mjerenja se izražavaju u u jedinicama NTU (engl. Nephelometric Turbidity Unit). Metoda je prikladna za vode niske mutnoće u području 0,0- 1000 NTU. Svjetlost određene jakosti se rasprši u uzorku vode, a turbidimetar mjeri njezin postotak.(33)

- Boja

Boja predstavlja optičko svojstvo vode, a posljedica je refleksije i apsorpcije svjetlosti određene valne duljine. Prividna boja nastaje zbog raspršenih tvari, a prava boja zbog otopljenih tvari. Prividna se određuje u originalnom uzorku, dok se prava određuje nakon filtracije kroz membranski filter. Dva su načina određivanja boje, fotometrijski i vizualno. Fotometrijski se izražava u mg/l Pt- Co skale, a vizualno se koristi za vode koje ne prelaze granicu od 70 mg/ Pt- Co skale. Intezitet boje se određuje u Nesslerovim tubama i uspoređuje se sa sandardima (Pt- Co). Boja se određuje na teranu ili najkasnije u razdoblju od 24h.(34)

- pH vrijednost

pH vrijednost se određuje elektrokemijski, određivanjem aktivnosti hidrogen iona. Mjerenje je potenciometrijsko te koristi kombiniranu staklenu elektrodu. Potrebno ga je provesti unutar 6 sati od uzorkovanja na instrumnetu Seven Multi, Mettler Toledo.(35)

- Električna vodljivost

Električna vodljivost je brojčani izraz za svojstvo vodenih otopina koje provode električnu struju. Ovisi o temperaturi mjerenja, mobilnosti, valenciji, prisutnosti iona i njihovoj koncentraciji. Vrš se na instrumnetu Seven Multi, Metler Toledo. (36)

- Oksidativnost

Oksidativnost se određuje postupkom titracije. Odnosno, određuje se količina neke tvari u ispitivanom uzorku pomoću mjerenja volumena otopine reagirajuće tvari.(37)

- Slobodni klor

Slobodni klor u bazenskoj vodi se određuje jodometrijom, kvantitativnom metodom analitičke kemije za određivanje količine oksidirajućih i reducirajućih tvari. To je postupak u kojemu jod reducira u jodid u reakciji s reducensom, odnosno jodid koji oksidira u jod u reakciji s oksidansom. Količina utrošenog joda određuje se titracijom s natrijevim tiosulfatom. Kao indikator završetka titracije koristi se otopina škroba koja u kombinaciji s jodom daje intenzivno plavu boju.(38)

- Trihalometani

Trihalometani se određuju kromatografijom. Kromatografija je fizikalno- kemijska metoda odjeljivanja sastojaka smjese između dvije faze, pokretne i nepokretne. Nepokretna faza može biti krutina, tekućina ili u obliku gela, a pokretne faza može biti tekućina ili plin. Ovisno o pokretnoj fazi, razlikuju se tekukućinska i plinska kromatografija. (39)

### **3.2.2 Mikrobiološki pokazatelji**

- *Escherichia coli*

*Escherichia coli* dokazuje se metodom membranske filtracije, odnosno filtracijom određenog volumena uzorka preko membranskog filtra. Membranski filter, veličine pora 0,45 µm, zadržava bakterije. Norma za dokazivanje i određivanje broja *E.coli* uključuje referentnu metodu i brzu metodu. (40)

- Referentna metoda ili standardni test

Filter se smješta na selektivnu podlogu TTC (Triphenyl Tetrazolium Chloride). TTC sadrži natrij- heptadecil sulfat koji inhibira gram pozitivne bakterije. Podloga se treba preokrenuti i inkubirati na 36°C tijekom 24h. Laktoza pozitivna *Escherichia coli* slabo reducira TTC te

daje žuto- narančastu boju kolonija na agaru. Najčešći potvrđni testovi su indol i oksidaza. Indol je pozitivna, a oksidaza negativna. (40)

➤ Brza metoda ili brzi test

Filter se smješta na selektivnu podlogu TSA/ TBA. Potom se inkubira na 44°C tijekom 20 sati. Koristi se termostat koji automatski mijenja temperaturu nakon 4 sata s 37°C na 44°C. Nakon inkubacije, filter se treba položiti na papir koji je natopljen indol reagensom te ga zračiti UV lampom između 10 i 30 minuta. Prisutnost E.coli daje crveno obojenje na agaru.

- *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* se dokazuje i određuje metodom membranske filtracije pri čemu se količina od 100 ml uzorka propušta kroz membranski filter (veličina pora 0,45 µm). Potom se membranski filter stavlja na podlogu Pseudo CN agar koja sadrži ceftrimid (omogućava proizvodnju piocijanina). Zatim se vrši inkubacija na 37°C tijekom 48h. Ukoliko dođe do porasta bakterije, agar poprima plavo- zelenu boju kolonija te se koristi biokemijski potvrđni test. (41)

- *Legionella pneumophila*

*Legionella pneumophila* se određuje postupkom membranske filtracije. Zatim se membranski filter stavlja direktno na ploču s GVPC selektivnom hranjivom podlogom (Glycine Vancomyn Polymyxin B Cycloheximide). Potom se uzorci inkubiraju na 36°C tijekom 10 dana. Ukoliko dođe do porasta kolonija koristi se potvrđni test, lateks- aglutinacijski test. (42)

- Ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C:

Ukupan broj aerobnih bakterija se određuje tehnikom ulijevanja. Uzorak se treba homogenizirati, potom se spali grlo boce te se odabere razrjeđenje uzorka. Broj ukupnih kolonija se broji između 30- 300. Uzorak ili razrjeđenje se nacijepaju na medij, ploča se

preokrene te se vrši inkubacija na 37°C tijekom 44h. Potom se broje kolonije, a rezultat se izražava u cfu/ml (colony forming units per mililitar). (43)

## **4. Rezultati**

U radu se prate rezultati fizikalno- kemijske i mikrobiološke analize zatvorenog bazena koji je punjen sa slatkom vodom. Kako bi se osigurali prihvatljivi sanitarno - tehnički i higijenski uvjeti, potrebno je kontinuirano pratiti kvalitetu bazenske vode. Uzorci bazenske vode analizirani su jedanput mjesečno u jednogodišnjem razdoblju.

### **4.1 Rezultati fizikalno- kemijske analize**

U tablici 3. prikazani su fizikalno- kemijski rezultati određivanja boje, mutnoće, oksidativnosti i elektrovodljivosti slatke vode zatvorenog bazena u Rijeci. Rezultati mjerenja pH vrijednosti, slobodnog klora i trihalometana prikazani su stupčastim grafikonom (Slika 15,16 i 17). Uzorkovanje je provedeno jedanput mjesečno tijekom perioda od godine dana.



Tablica 3. Fizikalno- kemijski rezultati određivanja mutnoće, boje, pH i električne vodljivosti slatke vode zatvorenog bazena

Datum uzorkovanja	Boja mg/l Pt/CO <sup>1</sup> skale	Mutnoća °NTU <sup>2</sup>	Oksidativnost mg O <sub>2</sub> /l <sup>3</sup>	Elektrovodljivost μS/cm <sup>4</sup> pri 20°C
<b>Siječanj</b>	<5	0,59	0,57	530
<b>Veljača</b>	<5	0,83	1.10	512
<b>Ožujak</b>	<5	0,91	0,85	757
<b>Travanj</b>	<5	0,78	0,54	746
<b>Svibanj</b>	<5	0,97	0,89	585
<b>Lipanj</b>	<5	1,20	0,76	704
<b>Srpanj</b>	<5	0,81	0,61	547
<b>Kolovoz</b>	<5	0,33	1,00	370
<b>Rujan</b>	<5	0,41	0,97	405
<b>Listopad</b>	<5	0,73	0,59	675
<b>Studeni</b>	<5	1,10	1,00	714
<b>Prosinac</b>	<5	1,30	0,84	751
MDK <sup>5</sup>	4	20	5	-

1= eng. Platinum- Cobalt scale

2= engl. Nephelometric Turbidity Unit

3= utrošak kisika u miligramima po litri

4= mikrosimens po centimetru

5= maksimalna dopuštena količina

Boja bazenske vode izražava se fotometrijski u „Platinum- Cobalt scale“ u miligramima po litri (mg/l Pt/Co skale). Maksimalna dopuštena količina (MDK) iznosi 4 mg/l Pt/Co skale.

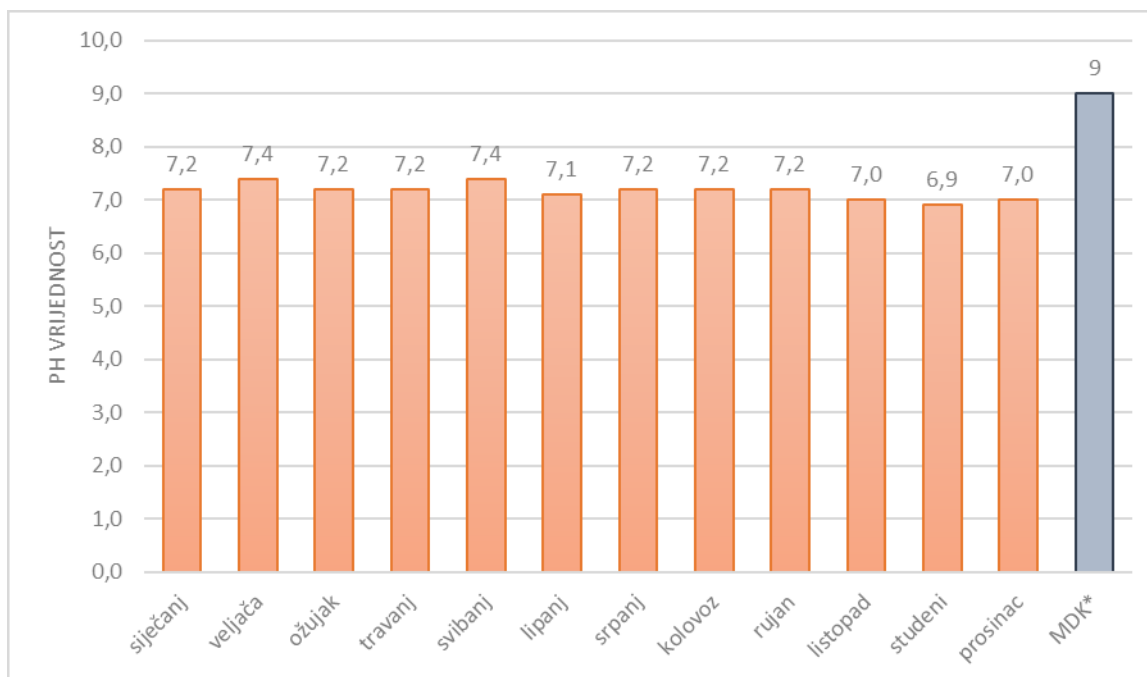
Kod svih dvanaest analiziranih uzoraka, boja fotometrijski iznosi manje od 5 mg/l Pt/Co skale što odgovara maksimalnoj dopuštenoj količini.

Mutnoća bazenske vode izražava se u jedinicama NTU (engl. Nephelometric Turbidity Unit). Maksimalna dopuštena količina (MDK) mutnoće bazenske vode iznosi 20°NTU. Najmanja vrijednost mutnoće vode je izmjerena u kolovozu, a iznosi 0,33°NTU. Dok je najveća vrijednost mutnoće vode izmjerena u prosincu, a iznosi 1,30°NTU. Svih dvanaest analiziranih uzoraka imaju daleko niže vrijednosti od propisane MDK.

Oksidativnost bazenske vode izražava se u utrošku kisika u miligramima po litri (mg O<sub>2</sub>/l). Oksidativnost analiziranih uzoraka je u rasponu između 0,54 mg O<sub>2</sub>/l i 1,10 mg O<sub>2</sub>/l. Svi analizirani uzorci imaju vrijednosti koje odgovaraju maksimalnoj dopuštenoj količini koja iznosi 5 mg O<sub>2</sub>/l.

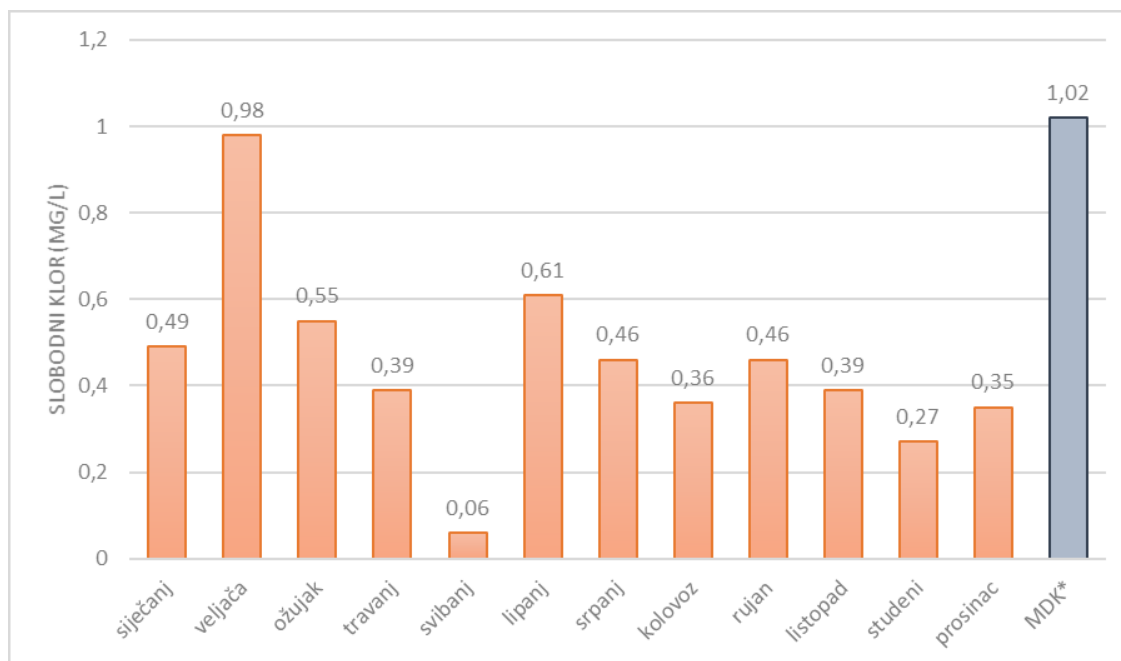
Elektrovodljivost bazenske vode izražava se u mikrosimensima po centimetru (μS/cm) pri 20°C. Elektrovodljivost analiziranih uzoraka je u rasponu između 370 μS/cm i 757 μS/cm pri 20°C. Za elektrovodljivost nije propisana maksimalna dopuštena količina zato što se pomoću tih podataka samo procijenjuje stupanj mineralizacije vode .

Slika 15 grafički prikazuje pH vrijednosti dvanaest analiziranih uzoraka jedne godine. Na osi ordinata nalazi se pH vrijednost, a na osi apscisa nalaze se mjeseci prikupljanja uzoraka. Idealna pH vrijednost bazenske vode iznosi između 7,2 i 7,8 dok propisana maksimalna vrijednost (MDK) iznosi 9. Tijekom osam mjeseci bazenska voda ima idealnu pH vrijednost. Preostala četiri mjeseca pH vrijednost je malo ispod idealne, u rasponu između 6,9 i 7,0 što je sukladno s propisanom MDK.



Slika 15. Grafički prikaz rezultata mjerenja pH vrijednosti slatke vode zatvorenog bazena, MDK\*- maksimalna dopuštena količina

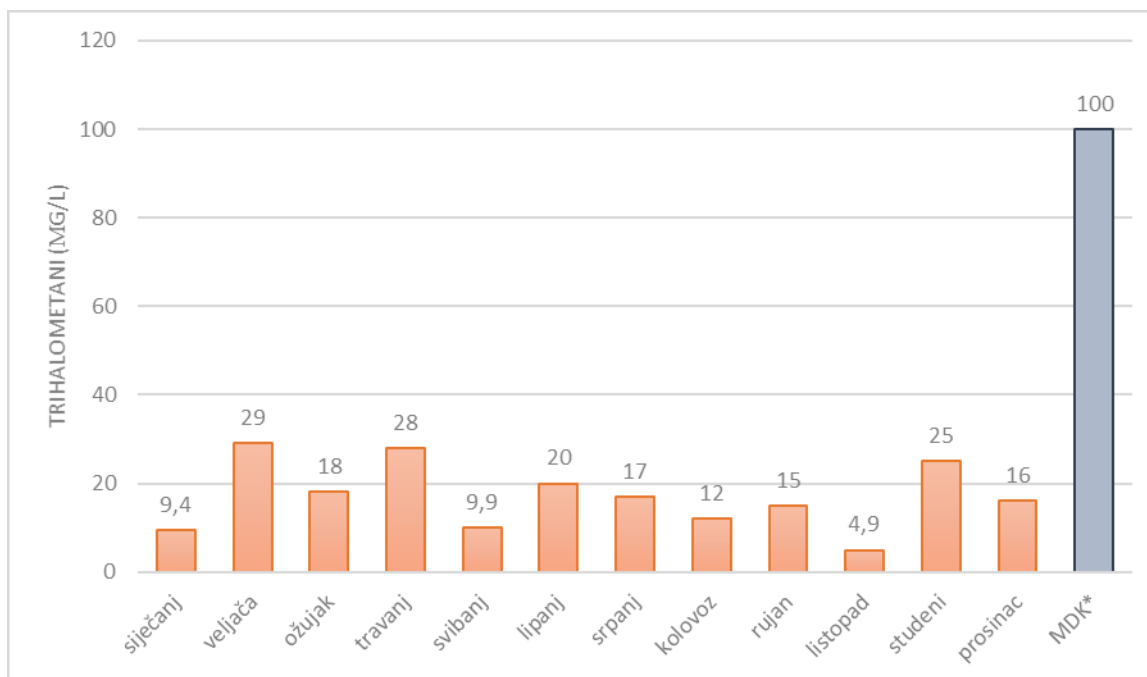
Slika 16 grafički prikazuje rezultate mjerenja slobodnog klora. Na osi ordinata nalazi se koncentracija slobodnog klora koja je izražena u mg/l, a na osi apscisa nalaze se mjeseci tijekom godine uzorkovanja. Maksimalno dopuštena količina iznosi 1,02 mg/l. Najmanja koncentracija slobodnog klora u bazenskoj vode izmjerena je u svibnju, i iznosi 0,06 mg/l. Najveća koncentracija izmjerena je u veljači, i iznosi 0,98 mg/l. Svi uzorci imaju koncentraciju slobodnog klora sukladnu s propisanom maksimalnom količinom



Slika 16. Grafički prikaz rezultata mjerenja slobodnog klora slatke vode zatvorenog bazena,

\*MDK- maksimalna dopuštena količina

Koncentracije trihalometana u bazenskoj vodi prikazane su stupčastim grafom (Slika 17). mjeseci tijekom godine prikazani je na osi apscisa, a koncentracija trihalometana na osi ordinata. Koncentracija trihalometana izražena je u  $\mu\text{g/l}$ . Maksimalna dopuštena količina (MDK) iznosi  $100 \mu\text{g/l}$ . Tijekom svih dvanaest mjeseci, bazenska voda ima koncentraciju trihalometana daleko ispod MDK. Najveća koncentracija izmjerena je u veljači, i iznosi  $29 \mu\text{g/l}$ .



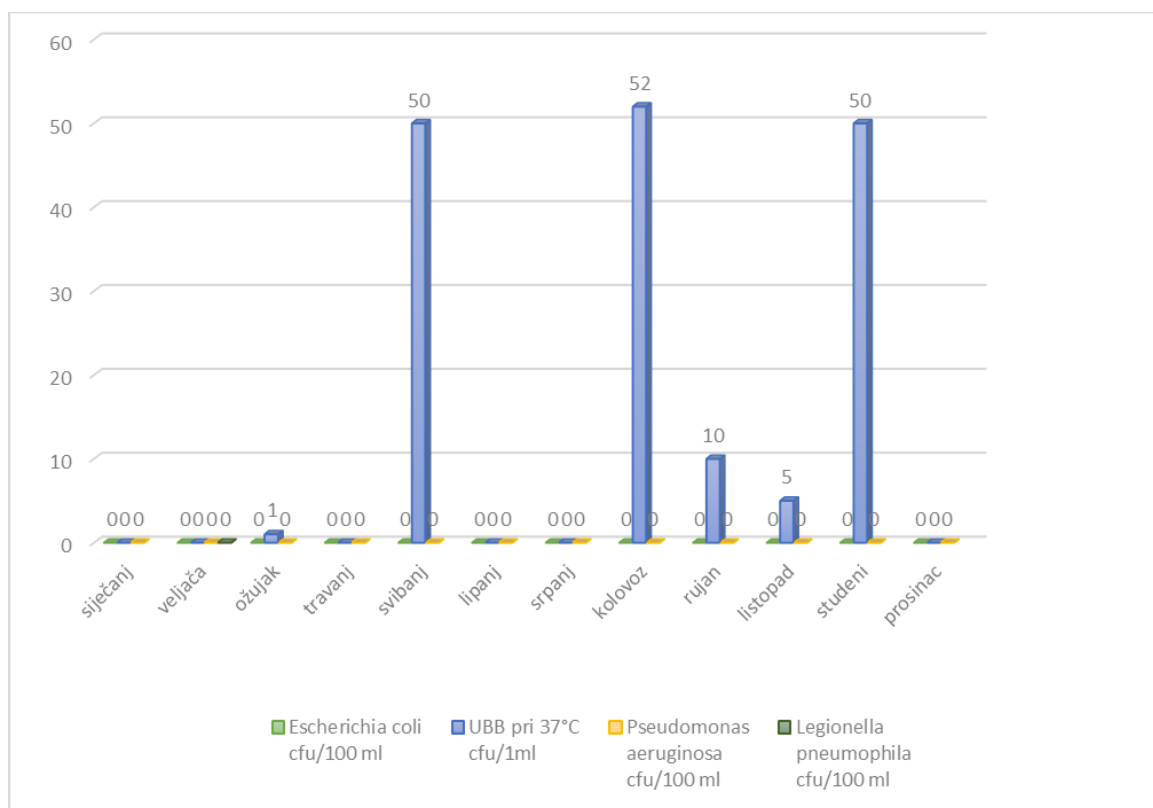
Slika 17. Grafički prikaz rezultata mjerenja trihalometana slatke vode zatvorenog bazena,

\*MDK- maksimalna dopuštena količina

#### 4.2 Rezultati mikrobiološke analize

Slika 18 prikazuje broj izraslih kolonija *E.coli*, ukupan broj aerobnih bakterija (UBB) pri 37°C, *P.aeruginosa* i *L.pneumophila* na odgovarajućim selektivnim podlogama. Analizirani su uzorci slatke vode zatvorenog bazena. Dokazivanje i određivanje broja *E.coli*, UBB pri 37°C i *P.aeruginosa* se vršilo jedanput u mjesecu tijekom ispitivanog razdoblja. Broj izraslih kolonija *L.pneumophila* određivao se jednom tijekom istog razdoblja. U mikrobiologiji se broj izraslih kolonija izražava u CFU (colony- forming unit). Broj izraslih kolonija *E.coli*, *P.aeruginosa* i *L.pneumophila* izražava se u cfu/100ml (os ordinata), dok se ukupan broj aerobnih bakterija izražava u cfu/1ml (os ordinata). Na osi apscisa prikazani su mjeseci tijekom godine ispitivanja. Propisano je da maksimalna dopuštena količina (MDK) za *E.coli*, *P.aeruginosa* i *L.pneumophila* mora biti manja od 1 cfu/100ml. Kod svih analiziranih uzoraka bazenske vode, broj izraslih kolonija *E.coli*, *P.aeruginosa* i *L.pneumophila* iznosi 0,0 cfu/100ml. Propisana maksimalna dopuštena količina ukupnog broja aerobnih bakterija pri

37°C iznosi 200 cfu/1ml. Tijekom pet mjeseci UBB pri 37°C iznosi 0,0 cfu/1ml. Najveći broj izraslih kolonija određen je u kolovozu, a iznosi 52 cfu/1ml što je ispod propisane MDK.



Slika 18. Grafički prikaz broja izraslih kolonija *E.coli*, UBB pri 37°C, *P.aeruginosa* i *L.pneumophila* na odgovarajućim selektivnim podlogama

## 5. Rasprava

Da bi bazenska kupališta imala pozitivne zdravstvene učinke kao i slobodnu i sigurnu upotrebu sukladno vrijedećoj zakonskoj regulativi potrebno je spriječiti moguća mikrobiološka i kemijska onečišćenja. Da bi bazenska voda bila sukladna mikrobiološkim zahtjevima koji proizlaze iz zakonske legislative potrebno je vršiti ispravnu i kontroliranu dezinfekciju. Ovim završnim radom pokušalo se jasnije opisati vrste dezinfekcije bazenske vode te na primjeru pokazati zdravstvenu ispravnost uzoraka tijekom jedne kalendarske godine na kupalištu javne namjene. Prikazani su i opisani rezultati kondicioniranja bazenske vode pomoću klora i sredstava na bazi klora. Kloriranjem bazenske vode mogu nastati nusprodukti dezinfekcije, od kojih su najvažniji trihalometani. Kako bi se omogućilo sigurno korištenje javnih bazenskih površina a pri tome osiguravali nužni zdravstveno ispravni uvjeti potrebno je kontrolirati njezinu kvalitetu. Sukladno vrijedećoj zakonskoj regulativi u R. Hrvatskoj je donijet Pravilnik o sanitarno- tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda.

U skladu s Pravilnikom ispitivani su mikrobiološki i fizikalno - kemijski parametri slatke bazenske vode, zatvorenog bazena. Uzorkovanje se vršilo jedanput mjesečno u jednogodišnjem razdoblju tijekom jedne kalendarske godine. Prema ispitivanim fizikalno - kemijskim i mikrobiološkim pokazateljima svi uzorci vode sukladni su Pravilniku o sanitarno- tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 107/2012, NN 88/2014).

Slično istraživanje i analiza uzoraka bazenske vode provedeno na nivou Republike Hrvatske tijekom jedne kalendarske godine proveo je Hrvatski zavod za javno zdravstvo te je pri tome obrađeno uzorkovanje 1128 javna bazena, odnosno uzrokovano je i analizirano 7743 uzoraka bazenskih voda na mikrobiološke i fizikalno- kemijske pokazatelje. Također, radila se

usporedba kvalitete zatvorenih i otvorenih bazena te punjenih morskom i slatkom vodom. Rezultati analiza pokazali su da je 18% ispitivanih uzoraka neispravno (neovisno o tipu vode za punjenje). Najčešći neispravni uzorci bili su zbog prisutnosti *P.aeruginosa* (4,6%) i zbog povišene koncentracije trihalometana (9,9%). Rezultati su pokazali kako je veći postotak neispravnih uzoraka utvrđen kod bazena punjenih s morskom vodom te kod otvorenih bazena. Također, obje vrste bazena sadrže dva do tri puta veće koncentracije trihalometana u odnosu na zatvoreni bazen i bazen punjen s morskom vodom. S obzirom da su korisnici bazena glavni izvor organskog onečišćenja koja u kombinaciji s klorom stvaraju nusprodukte dezinfekcije, mjere dezinfekcije se trebaju provoditi na način da bude minimalno stvaranje nusprodukata (29). S obzirom da je zatvoreni bazen koji je bio predmet istraživanja prikazanog u ovom završnom radu, pokazao manji broj uzoraka ali visoku zdravstvenu ispravnost kroz analizu svih parametara, može se smatrati da su rezultati ovim radom prikazani sukladni zakonskoj regulativi te odgovaraju svim sanitarno - tehničkim i higijenskim uvjetima.

Još jedno slično istraživanje provedeno je 2005. godine u kojemu je analizirano 85 javnih bazena u Ammanu, Jordan. Usklađenost analiziranih uzoraka bazenske vode s mikrobiološkim parametrima iznosila je 56,5%, sa slobodnim klorom 49,4% te s pH vrijednošću 87,7%. Slabu usklađenost s propisanim vrijednostima parametra, pripisali su nedostatku odgovarajuće dezinfekcije, obuci osoblja i pravilnom održavanju (29). U istraživanju provedenom u Aleksandriji, Egipat analizirano je pet bazena 2012. godine. Mikrobiološki i fizikalno- kemijski parametri ispitivani su tijekom šest mjeseci. Rezultati su također pokazali da je slaba usklađenost sa standardnim vrijednostima parametra. Usklađenost s mikrobiološkim parametrima iznosila je 56,7%, sa slobodnim klorom 20%, s pH vrijednošću i mutnoćom 46,7%. Statistička analiza je pokazala značajnu povezanost mikrobiološkog onečišćenja s prevelikom koncentracijom rezidualnog vezanog klora, mutnoće, itd. Zaključak ovog istraživanja je bio vrlo sličan prethodnom: potrebno je



poboljšanje postupaka dezinfekcije, kontinuirano praćenje kvaliteta bazenske vode te edukacija bazenskih korisnika (30). S obzirom da je ispitivani zatvoreni bazen ima potpunu usklađenost mikrobioloških i fizikalno - kemijskih parametara (slobodni klor i pH vrijednost), može se zaključiti da se provodi odgovarajuća dezinfekcija, te da su osoblje te odgovorne osobe za održavanje bazenske njege dobro educirani te da se kontinuirano prati kvaliteta bazenske vode.

Istraživanje provedeno u Palermu, Italija provodilo se na dva javna bazena. U istraživanju se vršila procijena pokazatelje fekalne kontaminacije (protoze *Giardia lamblia* i *Cryptosporidium parvum*) te se tražilo prisutstvo gljivica. Ispitivanjem mikrobioloških i fizikalno - kemijskih pokazatelja bazenske vode, zaključilo se da kvaliteta vode ovisi o koncentraciji klora i o broju bazenskih korisnika. Vrijednost četiri mikrobiološka parametra (ukupan broj aerobnih bakterija pri 22°C i 37°C, prisutnost *P.aeruginosa* i *L.pneumophila*) se povećavaju smanjenjem koncentracije klora i povećanjem broja korisnika bazena. Također, protozoe *Giardia lamblia* i *Cryptosporidium parvum* nisu pronađene. S druge strane, izolirane su različite gljivice u bazenskoj vodi unatoč optimalnoj prisutnosti klora (30). S obzirom da su analizirani uzorci bazenske vode zatvorenog bazena imali koncentraciju klora sukladnu s maksimalno dopuštenom koncentracijom, nije zabilježeno povećanje mikrobioloških parametara (ukupan broj aerobnih bakterija pri 37°C, prisutnost *P.aeruginosa* i *L.pneumophila*). Ovaj podatak potvrđuje važnost redovitog održavanja dezinfekcije bazenske vode. Također, uzorke se nije analiziralo na prisutnost: *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* i gljivica. Navedeno istraživanje ukazuje na potrebu traženja drugih mikroorganizama (protozoa) koji nisu uključeni u postojeći Pravilnik (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*) i gljive kako bi bazenska voda bila sigurna za uporabu i izvan zakonski zahtijevanih parametara. Ovakva vrsta istraživanja potrebna su ne samo radi

zakonske obveze nego i radi osiguravanja sigurnih uvjeta pri korištenju bazena u rekreativne ili ljekovite svrhe

## 6. Zaključci

Prema provedenim analizama uzoraka bazenske vode zatvorenog bazena sa slatkom vodom u razdoblju jedne kalendarske godine, može se zaključiti:

- da su svi mikrobiološki i fizikalno- kemijski parametri sukladni s vrijedećim Pravilnikom te da je voda u tom bazenu higijenski i zdravstveno ispravna.
- da se mjere i program nadzora bazenske vode, provode redovito i kontinuirano te da su osoblje i bazenski korisnici dobro educirani.
- dezinfekcija ima veliku ulogu u održavanju kvalitete bazenske vode.
- s obzirom da su ispunjeni svi mikrobiološki i fizikalno - kemijski uvjeti za higijensku i zdravstveno ispravnu bazensku vodu proizlazi da se provodi odgovarajuća dezinfekcija vode.
- potrebno je provoditi ovakve vrste kontrole zdravstvene ispravnosti bazenskih kupališta ne samo jer to zakonska legislativa nalaže nego i zbog osiguravanja sigurnih uvjeta pri korištenju bazena u rekreativne ili ljekovite svrhe.

## 7. Literatura

1. Frece J., Markov K., „Uvod u mikrobiologiju I fizikalno- kemijsku analizu voda ”, Ljubljana, Inštitut za sanitarno inženjerstvo, 2015.
2. <https://docplayer.gr/93924726-Voda-in-rastlinska-celica.html>), pristup 27.06.2019
3. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Polarnost>, pristup 27.06.2019.
4. H. R., Kemizam i obradba vode, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2004.
5. D. M. M. B. i. s. Puntarić, Zdravstvena ekologija, Zagreb: Medicinska naklada, 2012
6. Bilajac L., „Održavanje kvalitete vode u bazenima za šport I rekreacije ”, NZZJZ Primorsko-goranske županije, Ispostava Opatija, 2005.
7. Asaj A., „Dezinfekcija ”, Zagreb, Medicinska naklada, 2000
8. Zakon o zaštiti pučanstva od zaraznih bolesti NN 79/07, 113/08, 43/09, 130/17
9. Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda, NN 107/12, 88/14
10. Zakon o biocidnim pripravcima, NN 63/07, 35/08, 56/10, 39/13
11. Tihomir Glatki, Zoran Vrhovski, Igor Petrović (2015). Automatizacija bazena za kupanje, Technical journal 9, 4(2015), 404-409, ISSN 1846-6168
12. Bilajac M., Lušić D. (2009): Zbornik radova, Upravljanje zdravstvenim rizicima u hotelskim sustavima, Opatija.
13. APHA, AWWA and WEF (1998): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. United Book Press, Baltimore

14. <https://www.sutori.com/story/kisele-i-luznate-otopine-zj4VBcZJUw4L3UUFe4FfQT25>, pristup 27.06.2019
15. H. R., Kemizam i obrada vode, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2004
16. C. L. Li CJ, »Organic chemistry in water,« pp. (35),68-82, 2006
17. Esterman A., Roder D. M., Cameron S. A., Robinson B. S., Walters R. P. Lake J. A., Christy P. E. (1983): Determinants of the Microbiological Characteristics of South Australian Swimming Pools. South Australian Health Commission, Epidemiology Branch, Adelaide 5001, and State Water Laboratories, Salisbury, South Australia.
18. W. H. Organization, Water Treatment and Pathogen Control, London: UK : IWA Publishing, 2004, pp. 41-90.
19. Izvor: <https://lakeshorepoolsandtubs.com/2017/07/14/remove-green-algae-pool/> pristup 27.06.2019
20. Izvor:<https://www.grandslam pools.com/pool-cleaning-fort-myers/why-is-yellow-algae-in-my-pool/> pristup 27.06.2019
21. Papadopoulou C., Economou V., Sakkas H., Gousia P., Dontorou G. C., Filioussis G., Gessouli H., Karanis P., Leveidiotou S. (2007): Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: Investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates.
22. <https://www.clean-pool-and-spa.com/black-algae.html> pristup 28.06.2019
23. I Gulić, (2003), Kondicioniranje vode, Sveučilišni udžbenik, 264 str. Izdavač HDGI, ISBN:953-6686-07
24. Izvor:<https://www.amazon.com/Chlorinator-Brominator-Maintenance-Adjustment-Installation/dp/B074LK1Z1R> pristup 28.06.2019

25. <http://ba.ar-daremaypool.com/swimming-pool-disinfection-equipments/pool-ozone-generator-for-disinfection.html>
26. <https://www.predajbazenov.sk/solinator-minisalt-30> pristup 28.06.2019
27. <https://prom.ua/brands/Van-erp>, pristup 28.06.2019
28. <http://www.bentbazeni.hr/hidroliza-s-ionizacijom>, pristup 27.06.2019
29. Erdinger L., Kuhn K. P., Kirsch F., Feldhues R., Frobel T., Nohynek B., Gabrio T.; Pathways of trihalomethane uptake in swimming pools. *Int J Hyg Environ Health*. 2004 Dec; 207(6):571-5.
30. Zwiener C., Richardson S. D., De Marini D. M., Grummt T., Glauner T., Frimmel F. H.; Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environ Sci Technol*. 2007 Jan 15;41(2):363-72.
31. [http://www.biophysica.com/swimming\\_pools.shtml#Disinfection](http://www.biophysica.com/swimming_pools.shtml#Disinfection), pristup 27.06.2019
32. [https://www.researchgate.net/figure/General-formation-reaction-A-and-structure-B-of-trihalomethanes\\_fig1\\_313661164](https://www.researchgate.net/figure/General-formation-reaction-A-and-structure-B-of-trihalomethanes_fig1_313661164), pristup 27.06.2019
33. HRN EN ISO 7027:2001 – Određivanje mutnoće vode za piće
34. HRN EN ISO 7887:2012 – Određivanje boje vode za piće
35. HRN EN ISO 9963-1:1998 – Određivanje alkaliteta
36. HRN EN 27888:2008 – Određivanje elektrovodljivosti
37. HRN ISO. 9297:1998 – Oksidativnost
38. HRN ISO 6222:2000 Određivanje slobodnog klora
39. HRN ISO 10301: 2002. Trihalometani – ukupni

40. HRN EN ISO 9308-1 : Detekcija i brojanje E. coli metodom membranske filtracije
41. HRN EN ISO 16266:2008 - Detekcija i brojanje P. aeruginosa metodom membranske filtracije
42. HRN ISO 11731–2:2004. Detekcija i brojanje Legionela pneumophila metodom membranske filtracije
43. HRN EN ISO 6222 - Određivanje ukupnog broja mikroorganizama u vodi na 36°C

## 8. Popis slika

Slika 1. Struktura molekule vode

Slika 2. Vodikova veza

Slika 3. Idealna pH vrijednost bazenske vode

Slika 4. Zeleno obojenje bazenske vode uzrokovano rastom zelenih algi

Slika 5. Rast žutih algi u bazenu

Slika 6. Rast crnih algi u bazenu

Slika 7. Shematski prikaz tijeka kloriranja

Slika 8. Automatski dozator za tablete klora i broma

Slika 9. Generator ozona

Slika 10. Solinator

Slika 11. UV lampa

Slika 12. Uređaj za hidrolizu s ionizacijom bakra i srebra

Slika 13. Reakcija nastanka (A) i strukturna formula (B) trihalometana

Slika 14. Zatvoreni bazen

Slika 15. Grafički prikaz rezultata mjerenja pH vrijednosti slatke vode zatvorenog bazena

Slika 16. Grafički prikaz rezultata mjerenja slobodnog klora slatke vode zatvorenog bazena

Slika 17. Grafički prikaz rezultata mjerenja trihalometana slatke vode zatvorenog bazena



Slika 18. Grafički prikaz broja izraslih kolonija *E.coli*, UBB pri 37°C, *P.aeruginosa* i *L.pneumophila* na odgovarajućim selektivnim podlogama

## **9. Popis tablica**

1. Prisutnost spojeva (hipokloritna kiselina i hipokloritni ion) slobodnog klora pri različitim pH vrijednostima
2. Oblici i karakteristike klora za dezinfekciju bazenske vode
3. Fizikalno- kemijski rezultati određivanja mutnoće, boje, pH i električne vodljivosti vode zatvorenog bazena

## 10. Životopis

### OSOBNJE INFORMACIJE

- Ime i prezime: Nika Deša
- Spol : Ž
- Datum rođenja: 8.3.1997. (Rijeka)
- Adresa: Zdravka Kučića 37, 51000 Rijeka
- Državljanstvo: Hrvatica

### RADNO ISKUSTVO

- Rujan 2015. do danas – pomoćna trenerica karatea u karate klubovima „Ri Croatia“ i „Kostrena“

### OBRAZOVANJE

- 2015.- 2019. – Medicinski fakultet sveučilišta u Rijeci – Preddiplomski sveučilišni studij Sanitarno inženjerstvo
- 2011. – 2015.– Prva sušačka hrvatska gimnazija u Rijeci

### STUDENTSKE AKTIVNOSTI

- Sudjelovanje u Programu Erasmus+ (stručna praksa)
- Sudjelovanje u studentskom kongresu „Sanitas“