

# Ušteda vode pri ispiranju fermentora i provjera mikrobiološke čistoće nakon pranja

---

**Mardokić, Lucija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:277819>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-02**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE**

**PIVARSTVO**

Lucija Marđokić

**UŠTEDA VODE PRI ISPIRANJU FERMENTORA I  
PROVJERA MIKROBIOLOŠKE ČISTOĆE NAKON PRANJA**

Završni rad

Karlovac, siječanj 2019.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE**

**PIVARSTVO**

Lucija Marđokić

**UŠTEDA VODE PRI ISPIRANJU FERMENTORA I  
PROVJERA MIKROBIOLOŠKE ČISTOĆE NAKON PRANJA**

Završni rad

Mentor: dr. sc. Goran Šarić

Matični broj: 0314616081

Karlovac, siječanj 2019.

## **Predgovor**

Zahvaljujem se mentoru, dr.sc. Goranu Šariću na podršci i savjetima koje mi je tijekom završnog rada pružao. Posebno bi se zahvalila Andreju Čapki i svim zaposlenicima Zmajске pivovare što su mi pomogli pri provođenju istraživanja i na prenesenom znanju u radu u pogonu. Ovaj rad nebi bio moguć bez gospođe Mihaele Marincel, djelatnice Odjela osiguranja kvalitete u Heinekenu koja mi objasnila, pokazala i uputila me kako provesti istraživanje.

Veliko HVALA! moram reći svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu na prenesenom znanju i steknutim vještinama. Zahvaljujem se pročelnici odjela prehrambene tehnologije doc. dr. sc. Marijani Blažić na srdačnom dočeku prilikom prebacivanja na veleučilište, vratili ste mi vjeru u sebe. Također se moram zahvaliti ing. Ivani Kolić koja je uz sve svoje obaveze uvijek imala vremena pomoći mi i savjetovati me.

Zadnje, ali ne manje bitno, zahvala mojim roditeljima i cijeloj obitelji koja je uvijek bila uz mene. Bez njihove podrške i ljubavi ne bih bila ono što jesam.

Od srca Vam svima HVALA!

# **Ušteda vode pri ispiranju fermentora i provjera mikrobiološke čistoće nakon pranja**

## **Sažetak**

Voda se koristi u pogonu kao sirovina pri kuhanju piva, za sanitaciju pogona te u sustavima za hlađenje/grijanje uređaja. *Craft* pivovare su male pivovare s malom godišnjom proizvodnjom, nude raznovrsne tipove piva i postaju sve veći trend u svijetu. Zbog male proizvodnje, nisu pogodne za ugradnju sistema za obradu vode te je jedini način uštede pri potrošnji vode optimizacija procesa i provjera učinkovitosti. Istraživanje se provodi s ciljem određivanja potrebne količine vode za ispiranje sredstva za čišćenje fermentora i izračuna uštede. Titracijom se mjeri koncentracija zaostalog sredstva u vodi te se na taj način utvrdila potrebna količina vode za ispiranje. Ušteda se mjeri izračunavanjem razlike potrebne količine vode za ispiranje i korištene količine vode po pranju fermentora, prosjek iznosi 20L za fermentor volumena 4000L i 30L za fermentor volumena 8000L. Također se provodila metoda provjere čistoće nakon završenog pranja uz pomoć NBB-B tekuće hranjive pogloge. Svi uzorci su negativni što upućuje na ispravnost metode pranja fermentora.

**Ključne riječi:** fermentor, NBB-B tekuća hranjiva podloga, ušteda vode, pivo, sanitacija

# **Water savings during fermenter rinsing and microbiological control after the process of cleaning**

## **Abstract**

Water is being used in breweries as raw material for beer production, plant sanitation and in cooling/heating systems. Craft brewers are small breweries with small annual production, offering various types of beer and becoming an increasing trend in the world. Because of their small production, they are not suitable for an installation of water treatment system and the only way to save on water consumption is optimizing the process and checking efficiency. This research is carried out to determine the required amount of water to rinse the fermenter cleaning agent and to calculate the savings. Titration is used to measure the concentration of residual in water and thus determine the required amount of water. The savings are measured by calculating the difference between the required amount of rinsing water and the amount of water used to rinse the fermenter. The average water saving is 20L for a 4000L volume fermenter and 30L for a fermenter volume of 8000L. Also, the purity-checking method was carried out using NBB-B liquid culture media. All samples are negative indicating the correctness of the fermenter washing method.

**Key words:** beer, fermenter, NBB-B liquid culture media, sanitation, water saving

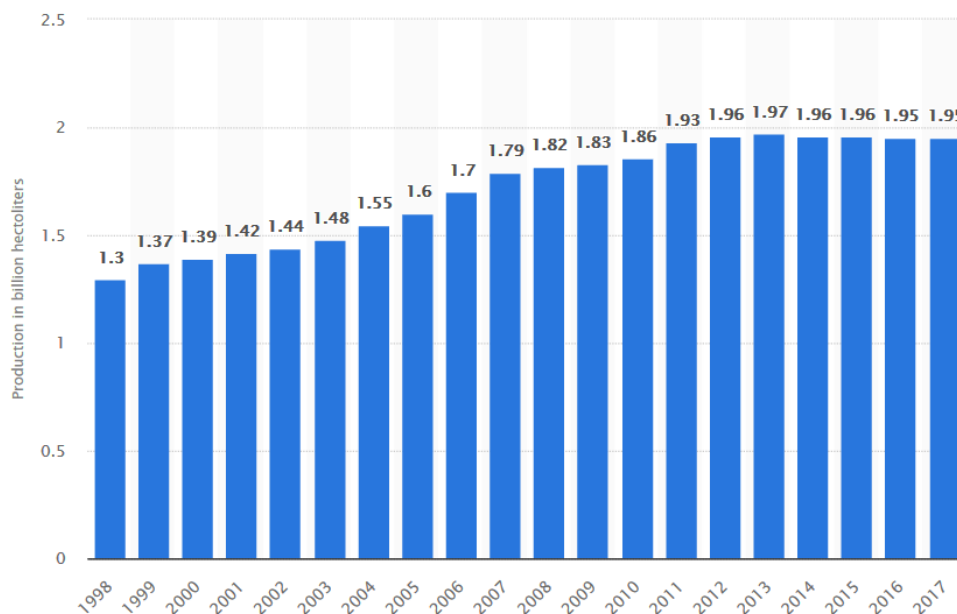
# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	4
2.1. Podjela piva .....	4
2.2. Proizvodni proces piva .....	5
2.3. Sanitacija u pivovari.....	8
2.3.1. COP i CIP sustavi za čišćenje .....	9
2.3.2. Sanitacija fermentora u craft pivovari .....	11
2.4. Mikrobiološka kontrola u proizvodnji piva .....	12
2.5. Utrošak vode u pivovari .....	15
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	20
3.1. Materijal .....	20
3.1.1. Uređaji i oprema .....	20
3.1.2. Otopine i reagensi .....	21
3.2. Metode.....	21
3.2.1. Titracija uzorka.....	21
3.2.2. Provjera mikrobiološke čistoće površine .....	22
3.2.3. Optimizacija utroška vode pri ispiranju fermentora .....	24
4. REZULTATI.....	25
4.1. Rezultati pranja fermentora kapaciteta 8000L.....	25
4.2. Rezultati pranja fermentora kapaciteta 4000L.....	29
5. RASPRAVA .....	33
6. ZAKLJUČAK .....	35
7. LITERATURA .....	36
8. PRILOZI .....	39
8.1. Popis slika.....	39
8.2. Popis tablica.....	40



## 1. UVOD

Pivo je široko rasprostranjeno osvježavajuće piće s malom koncentracijom alkohola, prepoznatljive arome po hmelju, dobiveno vrenjem sladovine s pivskim kvascem. Prvi zapisi o pivu datiraju iz razdoblja prije Nove ere kada se proizvodilo od zobi, ječma, staroga kruha i meda. Danas, svjetska proizvodnja piva ubrzano raste i dosegla je količinu proizvodnje veću od 1.95 milijardi hektolitara na godišnjoj razini (Slika 1.). Ovisno o vrsti pakiranja (staklene boce, aluminijske i metalne limenke), za proizvodnju 1L piva potrebno je utrošiti 10.3–17.5 MJ energije i 41.2–41.8L vode uz emisiju 510–842 g CO<sub>2</sub> (David Amienyo, Adisa Azapagic, 2006.).

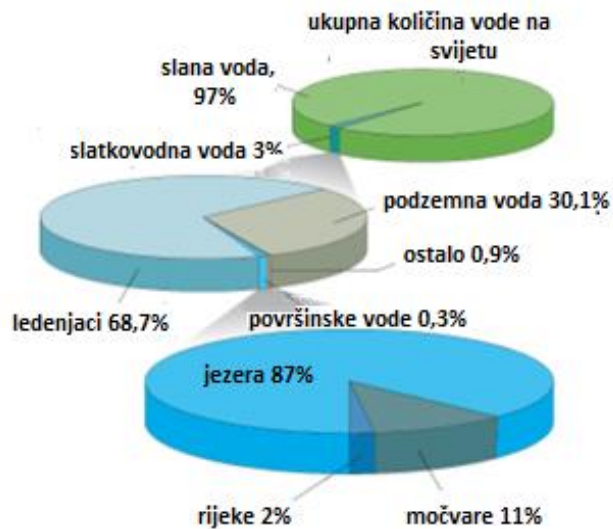


**Slika 1.** Godišnja proizvodnja piva

(Izvor: <https://www.statista.com/>, pristupljeno 30.08.2018.)

Oko 97% posto ukupne količine vode na svijetu nalazi se u oceanima, dok samo 3% ukupne količine vode sačinjava slatkovodna – pitka voda (Slika 2.). Srednji grafikon na Slici. X pokazuje distribuciju tih 3% slatkovodne vode na planeti :

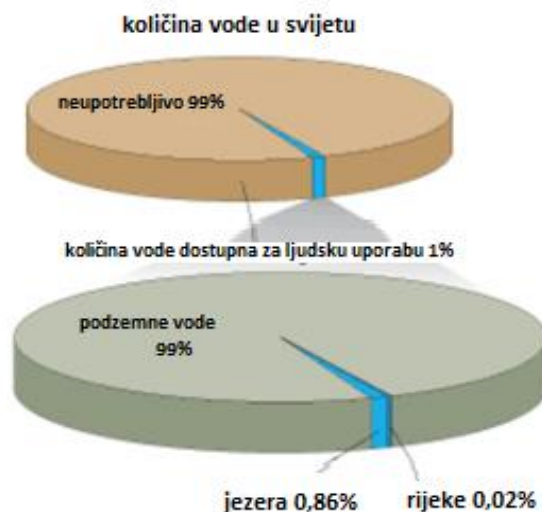
- oko 68,7 % nalazi se u glečerima i ledenjacima, uglavnom na Grenlandu i Antarktici
- 30,1% nalazi se u obliku podzemnih voda
- samo 0,9% ukupne količine vode na planeti nalazi se u obliku površinskih voda rijeka, jezera i močvara



**Slika 2.** Raspodjela vode na Zemlji

(Izvor: <http://www.pacificwater.org>, pristupljeno 20.10.2018.)

Također je poznato kako 99% vode (oceani, more, led i atmosferska voda) nisu dostupni u obliku za ljudsku upotrebu. Većina vode koju koristimo u svakodnevnom životu dolazi od rijeka, na Slici 3. može se vidjeti da se općenito koristi samo mali dio raspoloživih za potrebe ljudske vodoopskrbe jer se 99% vode pogodne za ljudsku upotrebu nalazi u podzemlju.



**Slika 3.** Iskoristivost pitke vode za ljudsku prehranu

(Izvor: <http://www.pacificwater.org>, pristupljeno 20.10.2018.)

U prošlom stoljeću, bilo je moguće odlagati otpad izravno na prikladan dio zemlje ili u obližnji vodotok. Ova jeftina i jednostavna metoda zbrinjavanja sada je vrlo rijetko moguća,

ni je ekološki prihvatljiva. Sa povećanjem gustoće stanovništva i razvojem industrije, uz veću svijesnost o šteti uzrokovanoj onečišćenjem, potreba za obradom i kontroliranim odlaganjem otpada raste. Vlast i slična tijela u državama postali su aktivniji u borbi protiv onečišćenja uzrokovana domaćim i industrijskim otpadom. Zakonodavstvo u svim razvijenim zemljama danas regulira ispuštanje otpada u svim agregatnim stanjima. Danas voda više nije jeftina sirovina, stoga postoje znatne prednosti u smanjenju količina i recikliranju u svrhu očuvanja resursa i smanjenja troškova poslovanja.

Otpadne vode se mogu obraditi na različite načine. Pomoću različitih procesa mogu se izdvojiti organske tvari iz otpada i iskoristiti kao nusprodukt (npr. kao nadomjestak hrane za životinje ili hranjivim tvarima koji se koriste u fermentacijskim medijima). Iskorišteni nusprodukt pomaže u nadoknadi troškova procesa obrade. Recikliranje i ponovno korištenje materijala, smanjenje otpada, smanjenje otpada na izvoru i integrirano upravljanje zagađenjem su vrlo važni čimbenici koje treba razmotriti prilikom izrade i rada bilo kojeg proizvodnog pogona.

Ovaj rad je provoden s ciljem utvrđivanja potrebne količine vode za ispiranje fermentora unutar pogona Zmajске pivovare te ostvarivanja potencijalne uštede vode. Zaostaci sredstva za čišćenje u uzorku mjereni su metodom titracije te je na taj način utvđena točno potrebna količina vode za ispiranje fermentora volumena 4000L i 8000L. U eksperimentalnom dijelu je također provedena metoda provjere mikrobiološke čistoće opranih površina. Sterilnim brisom je uzet uzorak koji je inkubiran u tekućoj hranjivoj podlozi NBB-bujon.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Podjela piva

Pivo se može podijeliti na nekoliko načina ovisno o različitim parametrima koji se gledaju. Najčešće korištena podjela je prema tipu kvasaca na tzv. *ale* pivo ili pivo gornjeg vrenja i *lager* pivo ili pivo donjeg vrenja. U povijesti, jedino pivo koje se proizvodilo je *ale* pivo gdje se kvasac skupljao na površini, zbog relativno visokih temperatura (oko 20°C) pri kojima se pivo proizvodilo i skladištilo. Razvojem tehnologije i pojavom načina hlađenja, došlo je do spoznaje da se određeni sojevi kvasca pri niskim temperaturama talože na dnu te su tako nastala *lager* piva.

U svijetu se najčešće konzumira *lager* pivo koje se dobije vrenjem pivske sladovine pomoću različitih sojeva čiste kulture kvasca vrste *Saccharomyces uvarum*. Vrenje sladovine se započinje pri temperaturi 6-8°C (tzv. hladno vrenje) i završava se na temperaturi 9-18°C. Hlađenjem mladog piva na temperaturu odležavanja 0-1°C, dolazi do taloženja kvasca na dno fermentora. Istaloženi kvasac se izdvaja te slijedi sazrijevanje mladog piva u ležnim tankovima u vremenu od jednog do tri ili više tjedana. *Lager* pivo se najčešće pije ohlađeno na 5-14°C, natočeno u čaši daje trajnu i gustu pjenu, punog je okusa uz izraženu gorčinu i aromu po hmelju (Marić, 2009).

Vrste *lager* piva se u osnovi razlikuju prema tvrdoći vode te razgrađenosti i boji slada za pripremu sladovine. Tako se, npr. *plzensko lager* pivo (*Pils*) proizvodi od vrlo mekane vode (ukupne tvrdoće do 4 nj°) i vrlo svijetlog slada, a *dortmundsko* od tamnog slada i vrlo tvrde vode (ukupne tvrdoće preko 40 nj°). Vrsta slada i tvrdoća utječu na punoću okusa i aromu, pa se stoga po nijansama u boji može razlikovati *lager* pivo od svijetložute do crvenosmeđe (Marić, 2009).

Druga najraširenija vrsta piva na svijetu je *ale* pivo kod kojeg se za fermentaciju pivske sladovine upotrebljava čista kultura pivskog kvasca vrste *Saccharomyces cerevisiae*. Vrenje započinje na temperaturi sladovine 10°C ili višoj te završava na 25°C. Završetkom fermentacije kvasac ispliva na površinu, iako se danas često koriste sojevi koji imaju mogućnost taloženja na dnu fermentora. Nakon izdvajanja kvasca, mlado pivo odležava i dozrijeva na 20°C u vremenskom periodu kraćem od *lager* piva. *Ale* pivo se poslužuje na sobnoj temperaturi, utakanjem u čašu pjena ovisi o vrsti piva od bogate i guste pjene do nestabilne i male pjene. *Ale* piva koja imaju nestabilnu i malu pjenu su manje punoću okusa od *lager* piva, okusom

podsjecaju na vino te imaju viši udio alkohola. Vrste *ale* piva također ovise o kakvoći vode, vrsti slada, gorčini (ovisi o količini i vrsti hmelja koja se koristi), koncentraciji alkohola i tehnološkim procesima. Na hrvatskom tržištu sve više se pojavljuju različiti stilovi ale piva, među najpoznatijima su: *Pale Ale*, *IPA (Indian Pale Ale)*, *Irish Ale*, *Porter*, *Stout* i *Witbier*.

Osim *lager* i *ale* piva, manjepoznata su afrička piva. U Africi, pros je glavna žitarica koja se koristi u proizvodnji tradicionalnih "neprozirnih" piva (Novellie, 1976; Asiedu, 1991). Poznate su vrste *ikigage*, *merissa*, *doro*, *dolo*, *pito*, *amgba* i *tchoukoutou* koje se razlikuju ovisno o mjestu i uvjetima proizvodnje. Ove pive nisu bistre, pjenušave su ali neprozirne s suspendiranim krutinama (5-7%). Pivo ima relativno nizak sadržaj alkohola (2-4,5% v/v), pH je između 3,3 i 4, sa udjelom mliječne kiseline od oko 0,26%. Njihova se boja razlikuje od blijede do ružičasto smeđe boje ovisno o upotrijebljenim sastojcima. Uobičajeno, afričke pive od prosa imaju okus po voću dodanom tijekom fermentacije. Pivo se konzumira u aktivnom fermentacijskom stanju i stoga je njihovo rok trajanja vrlo kratko (24 h-72 h) (Novellie i sur., 1986; Tisekwa, 1989; Maoura i sur., 2009; Lyumugabe i sur., 2010).

*Lambic* piva su među najstarijim vrstama piva koja se još uvijek proizvode spontanim procesom fermentacije koji traje jednu do tri godine. Kiseli karakter piva proizlazi iz metaboličkih aktivnosti različitih kvasaca, bakterija mliječne kiseline te bakterija octene kiseline koji su u sladovinu dospjeli iz zraka ili sa zidova posuda i prostorija u kojima se odvija fermentacija. Ovim načinom proizvodnje dobije se pivo koje sadrži više neprevrlog ekstrakta i hlapljivih spojeva što im daje poseban bouquet (vinski, voćni, fenolni,...). Najpoznatije vrste su: *Gueuze*, *Faro* i voćna aromatizirana piva s dodatkom voća. Belgija je zemlja koja je najpoznatija po proizvodnji tradicionalnih *lambic* piva (Van Oevelen i sur, 1977; Verachtert i Iserentant, 1995)

## 2.2. Proizvodni proces piva

Osnovne sirovine u proizvodnji piva su: voda, slad, hmelj i pivski kvasca. Prvi korak u proizvodnji piva je usitnjavanje pivskog slada, čime se dobiva sladna prekrupa. Slad se dobiva procesom slađenja u kojem se provodi klijanje žita u kontroliranim uvjetima, sušenje i skladištenje. Klijanjem se aktiviraju enzimi koji imaju mogućnost razgradnje škroba i proteina u jednostavnije šećere i aminokiseline što je esencijalno u proizvodnji piva.

Sladna prekrupa se prebacuje u kotao za kominu gdje se miješa s toplom vodom, zagrijava na specifične temperature kako bi se aktivirali enzimi za razgradnju. Temperature i vrijeme ukomljavaanja ovisi o željenim karakteristikama piva, a najvažnija je razgradnja škroba

u jednostavnije fermentabilne šećere i proteina kako bi se osigurali osnovni uvjeti za rast kvasca. Rezultat ukomljavanja je ošćerena komina iz koje se postupkom cijedenja odvaja sladovina (tekući dio) i pivski trop (kruti zaostatak na perforiranom dnu cijednjaka) (Parker, 2012).

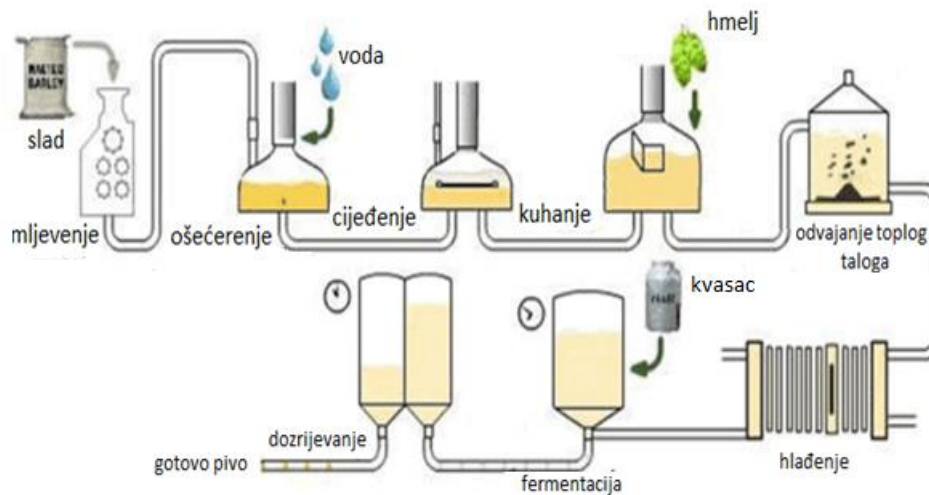
Sladovina se prebacuje u kotao za kuhanje. Kuhanjem sladovine regulira se udio ekstrakta uklanjanjem viška vode, inaktiviraju se enzimi i mikroorganizmi čime se postiže stabilnost i sterilizacija, koaguliraju proteini, uklanjaju se nepoželjni sastojci arome te se dodatkom hmelja postiže željena aroma i gorčina. Hmeljenje sladovine ovisi o vrsti hmelja koja se koristi, odnosno o udjelu gorkih i aromatičnih komponenti. Gorne sorte hmelja dodaju se na početku kuhanja u sladovinu pri čemu u vodi topive  $\alpha$ -kiseline izomeriziraju u izo- $\alpha$ -kiseline. Aromatične sorte hmelja se dodaju pri kraju kuhanja (kuhanjem dolazi do gubitka arome isparavanjem lakohlapivih spojeva iz hmelja), tijekom odvajanja toplog taloga u vrtložnom taložniku (*whirlpool-u*) ili nakon završenog procesa fermentacije (*dry-hopping*) (Parker, 2012).

Završetkom kuhanja, iz sladovine je potrebno ukloniti sve nečistoće, izbistriti ju i ohladiti prije prebacivanja u fermentor. Sladovina se tangencijalno uvodi u posudu koja se zove whirlpool, kako bi se topli proteinski talog i ostaci hmelja istaložili u obliku konusa na dnu posude (Zarnkow, 2014). Hlađenje sladovine ovisi o vrsti piva, najčešće temperature za *ale* piva su između 16-22 °C, a *lager* piva 6-16°C. Najveći udio ekstrahiranih spojeva u sladovini otpada na ugljikohidrate potrebne kvascima za rast i razvoj. Za to im je potreban i kisik pa se ohlađena sladovina mora aerirati sterilnim zrakom ili kisikom. Ohlađenu, bistru i aeriranu sladovinu prebacuje se u fermentor te se dodaje kvasac (Marić, 2009).

Osnovu procesa dobivanja piva sačinjava alkoholno vrenje. Vrenje se može podijeliti u dvije faze: glavno vrenje i naknadno vrenje (dozrijevanje piva). Proces glavnog vrenja se odvija zbog metaboličkih puteva kvasca u kojima dolazi do pretvaranja šećera u alkohol, ugljikov dioksid i nastajanja ostalih međuprodukata koji pridonose okusu piva. Može se odvijati u otvorenim ili zatvorenim tankovima, a traje od 5 do 10 dana na temperaturi ovisno o vrsti piva i kvasca koji se koristi. Pivo dobiveno nakon glavnog vrenja zove se „zeleno“ ili „mlado“ pivo. Proces naknadnog vrenja započinje snižavanjem temperature što dovodi do taloženja kvasca, usporavanja fermentacije i fizikalno-kemijskih promjena koje utječu na organoleptičke promjene piva te mogu uzrokovati promjene u boji (Marić, 2009).

Nakon odležavanja, pivo se filtrira kako bi se uklonila nepoželjna zamućenja uzrokovana nastajanjem proteinsko-taninskog taloga, ostataka hmelja i stanica kvasca. Kvaliteta filtracije ovisi o izboru i doziranju sredstva za filtraciju kako bi se zadovoljili zahtjevi za postizanje određenog stupnja bistrine piva. Filtracija je posljednji korak u proizvodnom

procesu prije punjenja piva u bačve, limenke ili boce. Za dodatnu stabilizaciju piva u ambalaži mogu se koristiti dozvoljena sredstva (Marić, 2009).



**Slika 4.** Proces proizvodnog procesa piva

(Izvor: <http://www.bjbeermachine.com>, pristupljeno 20.10.2018.)

Koloidna stabilnost piva postiže se sredstvima kao što su: bentoniti (prirodni alumosilikati), silikageli ili PVPP(polivinilpolipirolidoni). Silikageli se doziraju u pivo u puffer tanku prije doziranja pomoćnog sredstva za filtraciju ili se dodaju zajedno sa sredstvom za filtraciju. Glavna uloga im je vezanje proteinskih sastojaka koji stvaraju mutnoću. PVPP je selektivno sredstvo koje na sebe veže sve taninske (polifenolne) spojeve. Dodaje se u grubo filtrirano sredstvo prije sekundarne filtracije ili se koriste pri sekundarnoj filtraciji nanesen na slojnice filtra. Prednost PVPP-a nad silikagelom je što se može regenerirati u lužnatom mediju i na taj način smanjuje troškove filtracije. Mikrobiološka stabilizacija se postiže termičkom obradom piva nakon punjenja u ambalažu (tunelska pasterizacija) i prije punjenja u ambalažu (protočna pasterizacija) ili biološkom stabilizacijom tijekom bistrenja/filtracije piva (sterilna filtracija). Cilj mikrobiološke stabilizacije je uklanjanje potencijalno štetnih mikroorganizama i inaktivacija enzima koji mogu utjecati na aromu, izgled ili zdravstvenu ispravnost piva (Marić, 2009).

### 2.3. Sanitacija u pivovari

Pod pojmom čišćenje i dezinfekcija pogona smatraju se fizikalni i kemijski postupci za sprječavanje mikrobiološkog zagađenja do kojeg može doći putem djelatnika, radnih površina i tehnološke opreme. U pivarstvu se nečistoće najčešće pojavljuju u obliku:

1. topljivih tvari u vodi koje se lako uklanjaju s onečišćenih površina pomoću vode
2. netopljivih emulgirajućih tvari koje se prvo moraju prevest u oblik emulzije
3. netopljive i neemulgirajuće tvari koje emulgiraju nakon određenog vremena i kvašenja (Marić, 2009).

Odabir sustava za čišćenje i dezinfekciju ovisi o: dijelu pogona koji se tretira (podovi, zidovi,...), vrsti opreme (materijalu, konstrukciji, tehničkoj izvedbi), sredstvu za čišćenje i dezinfekciju (plinovita, tekuća, pjena) i cijeni. Različite površine i različiti tipovi nečistoća zahtjevaju različite tretmane pa zato ne postoji univerzalno sredstvo za čišćenje i dezinfekciju. Pri uklanjanju velikih nečistoća, mehanički rad smanjuje vrijeme čišćenja i povećava učinkovitost. Uvođenje dobrog sustava za čišćenje može smanjiti potrebu za radnom snagom, uštediti sredstva i energiju. (Šubašić i sur.,2012)

Sustavi za čišćenje i dezinfekciju koja se koristi u pogonu :

1. mehanička abrazivna sredstva – koriste se za ručno pranje (metle, četke, lopatice,...), ne koriste se na površinama koje dolaze direktno u kontakt s proizvodom
2. cijevi za vodu – koriste se za čišćenje pukotina i ventila izravnim mlazom, ispiranje površina, mogu imati različite nastavke za raspršivanje vode te je obavezna ugradnja sustava za zatvaranje mlaza kako bi se smanjio utrošak vode
3. visokotlačni sustavi – mogu biti prijenosni i centralni, mogu sadržavati rezervoar za miješanje sredstva za čišćenje ili dezinfekciju
4. sustavi za čišćenje pjenom – mogu biti prijenosni i centralni, imaju jednostavnu i brzu primjenu, te visoku učinkovitost. Mogu se koristiti za čišćenje vanjskih i unutrašnjih površina transportnih sredstava, stropova, zidova, tankova,...
5. COP sustavi (*Cleaning out of Place*) – sustavi u kojima radnici rastavljaju opremu, čisti manje dijelove opreme, posuđa, alata u stroju za pranje s recirkulacijom
6. CIP sustavi (*Cleaning in Place*) – sustavi koji se koriste za sanitaciju zatvorenih sustava postrojenja (cjevovoda, fermentora, izmjenjivača topline, uređaja za



punjenje,...), mogu biti automatizirani ili mobilni što ovisi o veličini pogona (Šubašić i sur.,2012).

### 2.3.1. COP i CIP sustavi za čišćenje

COP sustav (Slika 5.) se koristi za vanjsko čišćenje proizvodnih linija i površina u pogonima, a unutrašnje nakon prethodne demontaže. Provodi se ručno, aparatima s visokotlačnim tlakom i niskotlačnim aparatima za čišćenje sa pjenom. Osnovni princip je kemijsko djelovanje odgovarajućeg sredstva u obliku pjene na površini. Pjena klizi po površini, otapa i odnosi ostatke pjene te se ispiru s vodom. Najčešće nečistoće su ostaci sirovina ili gotovih proizvoda na tehnološkoj opremi, ambalaži i ostalim površinama. Po kemijskom sastavu nečistoće su: proteini, masti i ulja, pektini (visokopolimerni ugljikohidrati), tanini, hmeljne smole, prirodne i sintetičke boje, soli, mineralni sastojci (pivski kamenac, Ca-oksalat) te spojevi nastali korozijom tehnološke opreme(Šubašić i sur.,2012).



**Slika 5.** Prikaz COP stanice

(Izvor: <https://www.researchgate.net>, pristupljeno 30.08.2018.)

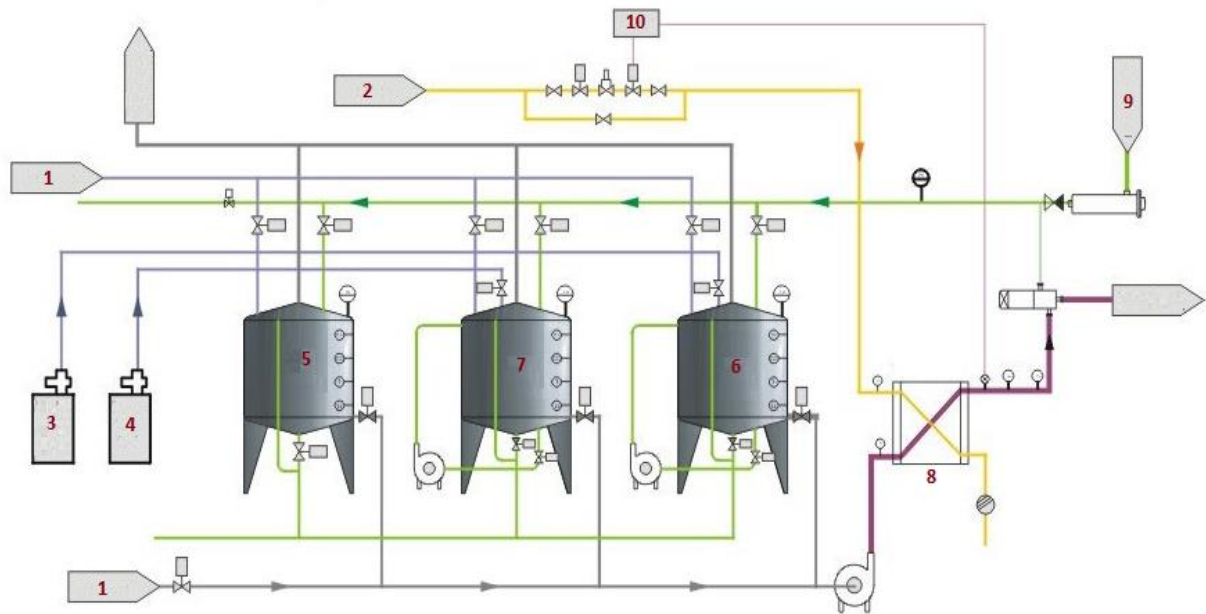
CIP sustav (Slika 6.) se provodi poluautomatskim ili automatskim čišćenjem proizvodnih uređaja bez demontaže.

CIP sustavi mogu biti:

1. jednostavni sa jednostrukim optokom otopina za čišćenje ili dezinfekciju gdje se sredstva ispuštaju u kanalizaciju
2. sustavi sa recirkulacijom potpuno automatizirani s vraćanjem vode, kemijskih i dezinfekcijskih sredstava u CIP stanicu

3. višenamjenski sustavi kao kombinacija prva dva sustava sa mogućnosti ispuštanja i recirkuliranja otopina

Unutar proizvodnog uređaja sredstva za čišćenje ili dezinfekciju te voda za ispiranje raspršuju se pomoću glave za pranje (niskotlačne ili visokotlačne), turbinske ili rotirajuće mlaznice.



**Slika 6.** Shematski prikaz automatizirane CIP stanice za čišćenje (1-ulaz vode, 2-para, 3-koncentrirana lužina, 4-koncentrirana kiselina, 5-spremnik za vruću vodu, 6-spremnik lužnatog sredstva, 7- spremnik kiselog sredstva, 8-uređaj za zagrijavanje, 9-povrat CIP sredstva, 10-kontrolna ploča)

(Izvor: <https://cocoper6-cocoper6.blogspot.com/>, pristupljeno: 30.08.2018. )

Princip sanitacije u CIP i COP sustavu većinom isti. Prva faza je pretpranje i ispiranje vodom kako bi se nečistoće namočile, alkalno pranje za uklanjanje organskih nečistoća, ispiranje vodom, kiselo pranje za uklanjanje pivoskog kamenca, ispiranje vodom, dezinfekcija za osiguravanje mikrobiološke čistoće te ispiranje s vodom. Ovisno o vrsti i količini zagađenja, sredstva za pranje ostavljaju se da djeluju određeno vrijeme kako bi se nečistoće uklonile.

### 2.3.2. Sanitacija fermentora u craft pivovari

Pranje fermentora se obavlja ovisno o planu ili potrebi proizvodnje, obavezno se koristi lužina za ukljanjanje organskih nečistoća, a po potrebi kiselina za skidanje pivskog kamenca. Sterilizacija opreme se provodi Peracidom ili parom. Peracid je sredstvo za dezinfekciju na području hrane za ljudsku upotrebu i hrane za životinje, u sastavu sadrži vodikov peroksid <20% i peroctenu kiselinu <10% kao aktivno sredstvo za dezinfekciju.

Za pranje se pripremaju otopine:

1. otopina NaOH prema uputstvu proizvođača - preporuča se 4 litre NaOH promiješa sa 200 litara vodovodne vode i zagrije na temperaturu 85°C
2. otopina fosforne kiseline prema uputama proizvođača - preporuča se 4 litre otopine fosforne kiseline promiješane s 200 litara vodovodne vode zagrijane na 30 - 40°C
3. Peracid se priprema prema uputama proizvođača - preporuča se 2dL Peracida pomiješati s 100L vodovodne vode dogrijane na temperaturu 20-30°C (HACCP sustav Zmajске pivovare)

Postupak pranja tankova za fermentaciju piva:

1. Tank za fermentaciju rastlačiti i odzračiti od CO<sub>2</sub>
2. zatvoriti vrata tanka te ga spojiti na mobilnu CIP stanicu
3. Recirkulirati vruću otopinu NaOH kroz svaki ulaz i cijev zasebno te tuširati tank preko ugrađene CIP kugle u trajanju od 15 minuta
4. Tank isprati vrućom vodom
5. Vizualna kontrola tanka
6. U slučaju potrebe ponoviti ciklus recirkulacije NaOH tako dugo dok tank nije čist
7. Tank isprati vrućom pa hladnom vodom
8. Tank ostaviti zatvorenim do sljedeće upotrebe
9. Prije pretakanja sladovine spojiti CIP stanicu sa pripremljenom otopinom Peracida te cirkulirati i tuširati tank 15min
10. Ocijediti otopinu za sterilizaciju i pustiti minimalo 15 minuta prije ulijevanja sladovine (HACCP sustav Zmajске pivovare)

## 2.4. Mikrobiološka kontrola u proizvodnji piva

Gotovo pivo samo po sebi ima fizikalna i kemijska svojsva koja ga štite od mikroorganizama: anaerobne uvjete, niski pH (obično između 4 do 4.5), visoki udio alkohola, gorčina, niski udio hranjivih tvari (jednostavnih šećera, aminokiselina i elemenata utragovima) te niska temperatura skladištenja. U tim uvjetima većina patogenih mikroorganizama ne preživljava ili je spriječen njihov razvoj. Međutim do pojave mikrobiološko zagađenje piva može nastati u bilo kojem dijelu proizvodnog procesa. Kontaminaciji mogu biti uzrok same sirovine (ječam, voda, kvasac), površine i dijelovi postrojenja koji dolaze u kontakt s proizvodom (ventili, punjači) ili proizvodni prostor. Stoga je potrebno provoditi redovne mikrobiološke analize vode, kvasca, sladovine i proizvedenog piva u svim fazama. Štetni mikroorganizmi koji se nalaze u pivarstvu su najčešće: pivski kvasac, bakterije, plijesni i divlji kvasci. (Belavić, 2018)

Mikroorganizmi koji se pojavljuju u pivskoj industriji mogu se podijeliti u 3 grupe:

1. Neškodljivi, ne mogu se razmnožavati u pivu pa s vremenom odumiru. To mogu biti spore plijesni, različitih vrsta bakterija i kvasaca. Njihova prisutnost može ukazivati na druge štetne mikroorganizame.
2. Potencijalno štetni mikroorganizmi koji se razmnožavaju samo u za njih povoljnim uvjetima, kao što su npr. povećan udjel kisika u pivu, relativno visoka pH vrijednost piva (4,7 – 4,8), mali udjel gorkih sastojaka hmelja i visoka koncentracija neprevrelog ekstrakta.
3. Obligatno štetni mikroorganizmi (pivski opasni mikroorganizmi) koji su imuni na odsustvo kisika i niske pH vrijednosti. Najčešće su to mliječno kisele bakterije: *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus lindneri*, *Lactobacillus frigidus* i *Pediococcus damnosus* te striktni anaerobi *Pectinatus* i *Megasphaera*. Sojevi bakterije *Pediococcus damnosus*, tzv. pivske sarcine, mogu povećati udjel diacetila i već pakiranom pivu. Stanice divljih kvasaca iz roda *Saccharomyceste* te stanice drugih kvasaca koje ne pripadaju tom rodu poput: *Brettanomyces*, *Torulopsis*, *Hansenula* i *Candida*. Njihov rast, razmnožavanje i proizvodi metabolizma izazivaju promjenu okusa i mirisa piva, a ako se razvijaju u većem broju, nakon dovoljno dugog vremena tvore talog i zamućuju pivo. Prikazani su u Tablici 1.

**Tablica 1.** Rodovi Gram pozitivnih i Gram negativnih bakterija te divljaih kvasaca nađenih pronađenih u pivovari (Priest i Campbell, 1996.)

Gram + bakterije	Gram - bakterije	Divlji kvasci
<i>Bacillus</i>	<i>Acetobacter</i>	<i>Brettanomyces</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Acinebacter</i>	<i>Candida</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>Alcaligenes</i>	<i>Cryptococcus</i>
<i>Micrococcus</i>	<i>Citrobacter</i>	<i>Deboryomyces</i>
<i>Pediococcus</i>	<i>Enterobacter</i>	<i>Endomyces</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Hansenula</i>
	<i>Gluconobacter</i>	<i>Kloeckera</i>
	<i>Klebsiella</i>	<i>Pichia</i>
	<i>Measphaera</i>	<i>Rhodotorula</i>
	<i>Obesumbacterium</i>	<i>Saccharomyces</i>
	<i>Pectinatus</i>	<i>Torulopsis</i>
	<i>Proteus</i>	<i>Zygosaccharomyces</i>
	<i>Pseudomonas</i>	
	<i>Zymomonas</i>	

Mikrobiološki nadzor proizvodnje piva podrazumjeva nadzor prisutnosti: Gram pozitivnih bakterija, Gram negativnih bakterija, divljih kvasaca, mikrobiološko uzorkovanje i metode određivanja mikroorganizama koji su uzročnici kvarenja piva. Najčešća mjesta kontaminacije prikazana su u Tablici 2.

**Tablica 2.** Najčešća mjesta pojave kontaminacije u pivovari (Lewis i Young, 1995)

Faze procesa	Najčešće pronađeni mikroorganizmi
Ukomljavanje	Termotolerantne bakterije mliječne kiseline i enterobakterije
Ohlađena sladovina	Enterobakterije, <i>Hafnia Protea</i>
Početak vrenja	Enterobakterije, <i>Hafnia Protea</i> , octeno kisele bakterije, mliječno kisele bakterije; <i>Lactobacillus</i> i <i>Pediococcus</i>
Kasnija faza vrenja	<i>Lactobacillus</i> i <i>Pediococcus</i>
Odležavanje/dozrijevanje, skladištenje i otakanje	<i>Lactobacillus</i> i <i>Pediococcus</i> , octeno kisele bakterije, <i>Zymomonas</i> , <i>Pectinatus</i> i <i>Megasphaera</i>

Podloge za provjeru kvalitete vode u pivovari (uključujući i provjeru patogenih mikroorganizama):

- PCA (*Plate Count agar*) – ako se inkubira na 22°C detektira ukupni broj aerobnih bakterija u vodi – ako se inkubira na 37°C detektira bakterije koje mogu potencijalno uzrokovati bolest.
- LSA (*Lauryl Sulphate agar*) – selektivna podloga za koliformne bakterije. Inkubira se također na 2 temperature: 37°C za koliformne i 44°C za termotolerantne koliformne bakterije.
- KF *Streptococcus* agar – za detekciju fekalnih streptokoka u vodi.
- *Clostridium* agar – za detekciju bakterija iz roda *Clostridium*; ove bakterije mogu biti potencijalno patogene.
- Tekuće hranjive podloge:
  - NBB-B (bujon) koristi za inkubaciju briseva.
  - NBB-C (koncentrat) se koristi za detekciju pivski opasnih striktnih anaeroba iz roda *Pectinatus* i *Megasphaera*, pošto se oni ne mogu odrediti standardnim metodama na krutim hranjivim podlogama. Koncentrat se dodaje direktno u gotov proizvod te inkubira na 30°C 15 dana. (Belavić, 2018)

## 2.5. Utrošak vode u pivovari

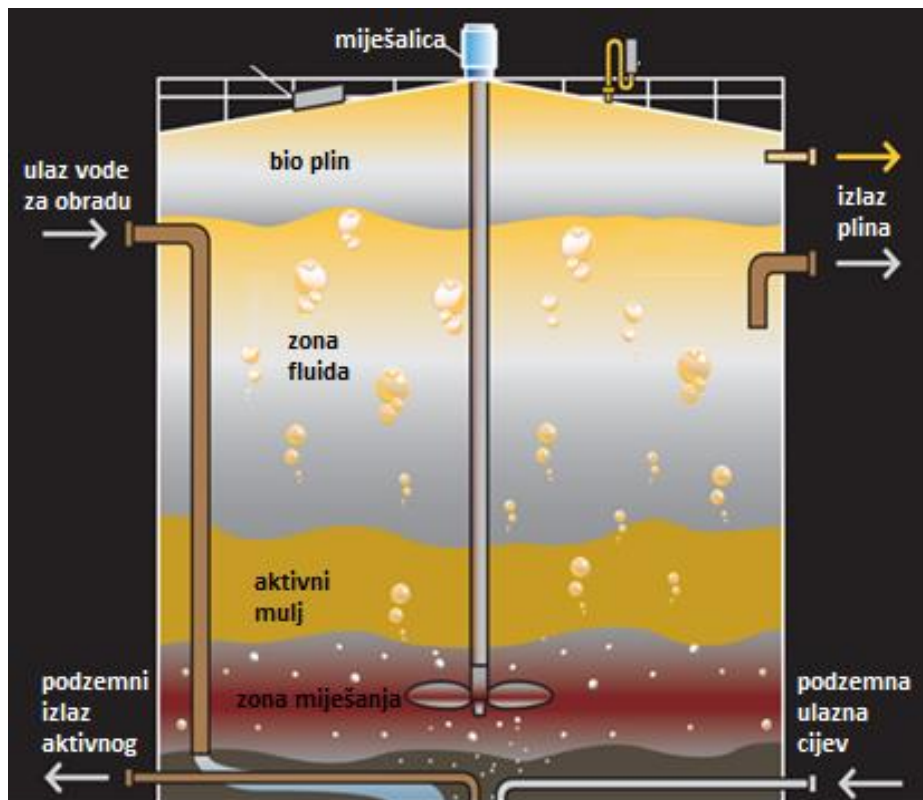
Industrija proizvodnje piva sadrži niz operacija od prerade sirovina do finalnog proizvoda. U postupku se za proizvodnju piva, kao i za pranje, čišćenje i sterilizaciju različitih jedinica nakon svake operacije, koristi velika količina vode koja se baca u odvođe (Tablica 3.). Područja korištenja velike količine vode u proizvodnji su varionica, podrumi za odležavanje, pranje ambalaže i pakiranje proizvoda. Korištenje vode obuhvaća svu vodu koja se koristi u proizvodnji što također obuhvaća pranje posuđa, općenito pranje i čišćenje na mjestu (CIP) (Van der Merweis i sur, 2002).

**Tablica 3.** Utrošak vode tijekom proizvodnog procesa proizvodnje piva (Brewers association, 2014)

Odjel/Pogon	Potrošnja vode (hl vode/hl piva)
Varionica do podruma za fermentaciju	1,80-2,20
Podrum za fermentaciju i pogon za kvasce	0,50-0,80
Podrum za odležavanje	0,30-0,60
Pogon za filtraciju	0,10-0,50
Punionica boca (70%)	0,90-2,10
Punionica bačvi (30%)	0,08-0,24
Ostalo čišćenje uključujući i administraciju	1,00-3,00
Parni kotao	0,10-0,30
Kompresori zraka	0,12-0,50
<b>UKUPNA POTROŠNJA VODE</b>	<b>4,90-12,64</b>

Otpadne vode proizvedene od poljoprivrednih i prehrambenih industrija uglavnom se sastoje od lako biorazgradive organske tvari. Konvencionalne metode obrade otpadnih voda iz pivovara uključuju fizičke, kemijske i biološke procese. Temelj bioloških procesa je na aktivnosti širokog spektra mikroorganizama, bilo aerobnim ili anaerobnim procesima. Njegove prednosti nad fizikalno-kemijskim ili kemijskim metodama oslanjaju se uglavnom

na veliku učinkovitost i niske troškove ulaganja. Dva tipa najčešće korištena za obradu voda su aerobna i anaerobna digestija.

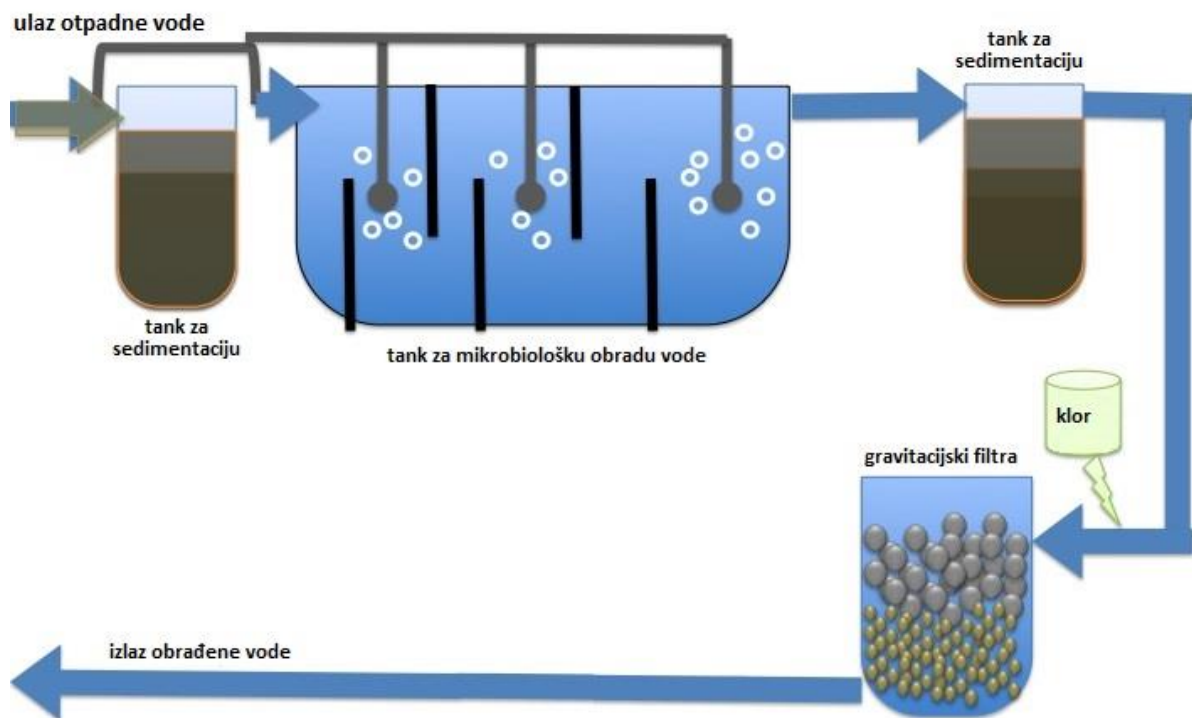


**Slika 7.** Prikaz reaktora za anaerobnu obradu otpadnih voda

(Izvor: <https://teamaquafix.com>, pristupljeno: 2.11.2018.)

Anaerobna digestija (Slika 7.) je kaskada bioloških procesa pretvorbe, koji se razgrađuju biorazgradiva organska tvar u svoje najviše oksidirane ili reducirane oblike (Speece 1983; Batstone i sur., 2002; Angelidaki i Sanders, 2004). Organski ugljik pretvara se u metan ( $\text{CH}_4$ ) i ugljični dioksid ( $\text{CO}_2$ ), te ostali mineralizirani ili sastavni elementi uključujući amonijak ( $\text{NH}_3$ ) i fosfat ( $\text{PO}_4$ ) (Batstone i sur., 2002; Angelidaki i Sanders 2004; Sothman i sur. 2005). Anaerobna probava je popularna tehnologija obrade zbog niske potrošnje energije, proizvodnje male količine mulja i mogućnost za oporavak energije iz proizvedenog bioplina (Tauseef i sur., 2013). Preostali dušik (N) i fosfor (P) predstavljaju prijatnu okolišu i obično zahtijevaju daljnje tretiranje, energetski intenzivno ili financijski skupim procesima koje treba uzeti u obzir (Samuelsson i sur., 2007).



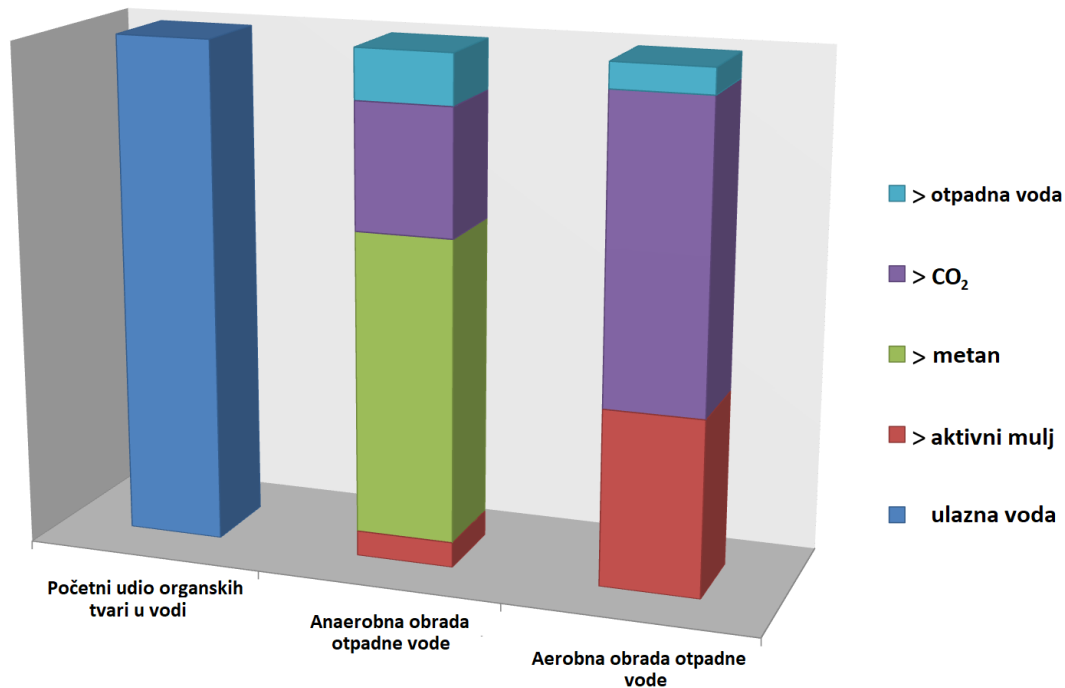


**Slika 8.** Shematski prikaz aerobne obrade otpadnih voda

(Izvor: <http://aquabluechemical.com>, pristupljeno: 2.11.2018.)

Aerobna obrada otpadnih voda je biološka obrada u kojoj mikroorganizmi koriste kisik kako bi razgradili organske tvari i uklonili druge onečišćujuće tvari poput dušika i fosfora (Slika 8.). Uređaji koji rade na ovom principu sastoje se od tri dijela: spremnika u koji ulazi otpadna voda, bioloških reaktora s nosačima biomase na kojima se stvaraju mikroorganizmi te sekundarnog taložnika. Posebni aeratori upuhuju zrak u otpadnu vodu pri čemu se odvija snažno miješanje vode. Mikroorganizmi onečišćenja pretvaraju u sedimentne tvari što omogućuje odvajanje aktivnog mulja od čiste vode. Mulj se nakuplja na dnu, a čista voda se izdvaja u gornjem dijelu spremnika. Pročišćena voda obrađuje se tehnikom membranske filtracije što znači da se pročišćavanje obavlja odvajanjem aktivnog mulja i obrađene otpadne vode prolaskom kroz gustu membranu. Svojtvo membrane je takvo da sprječava prolazak štetnih mikroorganizama. Posebnost uređaja koji rade na ovom principu je ta što neki od njih imaju poseban spremnik. Pročišćena voda može se ispustiti u rijeku, kanalizaciju, more ili za zaljevanje, pranje vanjskih površina, te slične namjene. Taj posljednji korak odvajanja odvija se u sekundarnom taložniku.

Najveća razlika u aerobnom i anaerobnom postupku je količina nastalog mulja te mogućnost iskorištenja metana nastalog pri anaerobnom postupku koji može služiti kao izvor energije (Slika 9.). Dobivena voda u oba postupka je tehološki ispravna voda te nakon kemijske obrade ponovno postaje voda ispravna za piće i prehranu ljudi.



**Slika 9.** Grafički prikaz razlike u razgradnji organskog otpada anaerobnom i aerobnom obradom

(Izvor: <https://www.ebsbiowizard.com>, pristupljeno: 2.11.2018.)

Kod ovakvih principa obrade voda najbitnija je konstantna dobava onečišćene vode što čini pogodno ove postupke za tvornice sa svakodnevnom proizvodnjom i velikim utroškom vode. U pivovarama također postoje druge brojne mogućnosti za smanjenje potrošnje vode ili recikliranje vode:

- Filtri za reverznu osmozu mogu se koristiti za pročišćavanje kondenzata i regeneraciju čiste vode (Hackensellner, 2000)
- Kod pakiranja u boce, moguće je koristiti tekućinu koja izlazi iz pasterizatora kao početno ispiranje u uređaju za pranje boca kao početno namakanje (Bland, 1993). Podizanje temperature pakiranog piva pri izlazu iz pasterizatora također može smanjiti gubitke vode. Voda za ispiranje boce također se može iskoristiti i upotrijebiti za pasterizatore ili kao voda za razrjeđivanje sustava za podmazivanje transportera. Kada

se kombinira s sustavom za regeneraciju vode u pasterizatorima, rezultiralo je smanjenjem 90% vode u nekim sustavima pasterizacije (Bland, 1993).

- Voda za ispiranje boca također se može upotrijebiti kao izvor za gotovo bilo koje namakanje površina u pivovari (Bland, 1993).
- Ostale mogućnosti uključuju instalaciju recirkulacijskih spremnika s postrojenjima za punjenje bocama s vakuumskom pumpom, optimiziranje postrojenja za pranje boca, postrojenja za čišćenje (CIP), smanjenje vode za ispiranje nakon CIP-a,...

Craft pivovare nemaju svakodnevnu proizvodnju, imaju premale utroške vode kako bi sustav mogao funkcionirati i financijski je preskupo. One plaćaju državi dodatne namete zbog opterećenja gradskog vodovoda te inspekcije redovito analiziraju otpadne vode nastale pri proizvodnji. Posebne mjere u svezi s ispuštanjem otpadnih voda iz objekata i postrojenja za proizvodnju piva i slada su:

(1) smanjenje uporabe vode u tehnološkom procesu:

- recirkulacijom vode za pranje, omekšane vode, vode koja se koristi za namakanje i klijanje, kao i vode korištene tijekom crpljenja ječma pri proizvodnji slada,
- davanje prednosti uporabi suhog čišćenja žitarica,
- smanjenje ili ponovna uporaba vode korištene za ispiranje,
- ponovna uporaba izmiješane vode nastale na početku ili kraju filtracije piva,
- korištenje sredstava za čišćenje recirkulacijom dezinfekcijskih sredstava za pranje i čišćenje staklenki i druge ambalaže,

(2) razumna uporaba sredstava za pranje i čišćenje, kao i uporaba dezinfekcijskih sredstava koja ne izlučuju klor,

(3) uporaba pravila u tehnološkom procesu koja omogućavaju jednakomjerno ispuštanje efluenta, te njegov dotok na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda,

(4) fizikalno-kemijsko pročišćavanje na prethodnom pročišćavanju otpadnih voda prije dolaska na uređaj za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda,

(5) pročišćavanje otpadnih voda s uklanjanjem hranjivih tvari,

(6) uklanjanje svih krutih tvari iz otpadnih voda nastalih u tehnološkom procesu proizvodnje piva i slada

(NN 80/2013, Proizvodnja piva i slada, Prilog 6.)

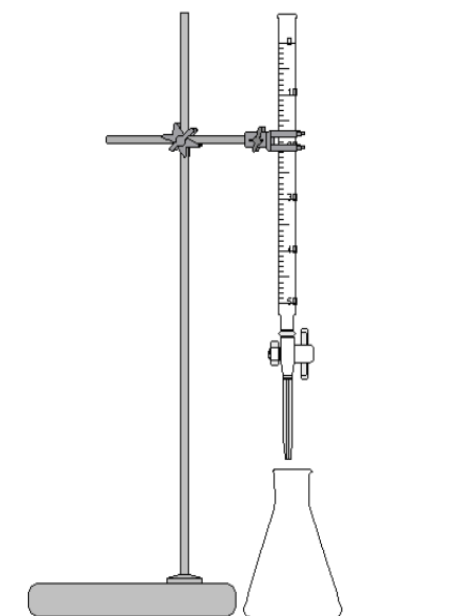
### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Materijal

U svrhu utvrđivanja utroška vode pri ispiranja, provedena je titracija lužine kiselinom sa ciljem provjere ostatka sredstva za pranje u fermentoru. Voda koja se troši za ispiranje fermentora skuplja se u mjerne kante, dobro se promješa te se uzme uzorak za titraciju.

##### 3.1.1. Uređaji i oprema

- aparatura za titraciju: metalni stalak, mufa, klema, bireta volumena 50mL (Slika 10.)
- 2 Erlenmeyer tikvice volumena 250mL
- trbušasta pipeta, 10mL
- staklena čaša 500mL
- mjerna kanta 25L
- kapaljka
- sterilni brisevi
- inkubator
- plinski spaljivač (brener)
- alkoholni termometar



**Slika 10.** Aparatura za titraciju

(Izvor: <http://www.rudarska.hr>, pristupljeno: 29.08.2018.)

### 3.1.2. Otopine i reagensi

- 0,1 N otopina HCl
- 1N otopina HCl
- Indikator Fenolftalein
- Indikator Metiloranž
- NBB Broth Enrichment medium – NBB-B-AM
- Demineralizirana voda

## 3.2. Metode

NBB-B brisevi se upotrebljavaju za kontrolu čistoće površina, točke inspekcije higijene nisu definirane i mogu se uzeti sa bilo koje površine nakon provedenog čišćenja i dezinfekcije. U dogovoru, brisevi se koriste na površinama nakon provedene sanitacije fermentora.

### 3.2.1. Titracija uzorka

U svrhu istraživanja utroška vode prilikom ispiranja, provodi se titracija lužine kiselinom s ciljem provjere ostatka sredstva za pranje u fermentoru. Uzorci se uzimaju nakon svakog ispiranja vodom iz fermentora. Količina vruće vode upotrebjeno iz CIP stanice mjeri se u mjernoj kanti. Za titraciju se koristi 1M ili 0,1M HCl. Iz ohlađenog uzorka otpipetira se 10mL otopine u Erlenmeyer tikvicu, doda se par kapi fenolftaleina i titrira s otopinom HCl-a do promjene boje iz ružičaste u prozirnu (Slika 11.). Obezbojenje je točka neutralizacije u kojoj je množina HCl-a jednaka množini NaOH. Očita se volumen utrošenog HCl-a (HACCP sustav Zmajske pivovare).

Koncentracija NaOH u uzorku izračunava se preko omjera množina :

$$\begin{aligned}n_1 (HCl) &= n_2 (NaOH) \\c_1 (HCl) \times V_1 (HCl) &= c_2 (NaOH) \times V_2 (NaOH) \\c_2 (NaOH) &= \frac{c_1 (HCl) \times V_1 (HCl)}{V_2 (NaOH)}\end{aligned}$$



**Slika 11.** Prikaz promjene boje nakon titracije uzorka s otopinom HCl

(Izvor: Marđokić L., 2018.)

### 3.2.2 Provjera mikrobiološke čistoće površine

Uzorci su uzeti sterilnim brisevima sa potpunog, nepotpunog i pigtail ventila. Prilikom nalijevanja tekuće podloge za uzgoj mikroorganizama NBB Broth Enricment medium – NBB-B-AM potrebno je paziti na aseptičnost. Svaki bris se obilježi i inkubira na 30°C tijekom 3 dana. Temperatura u inkubatoru se provjerava alkoholnim termometrom (HACCP sustav Zmajске pivovare).



**Slika 13.** 1-ventil za potpuni ispust, 2-ventil za nepotpuni ispust

(Izvor: Marđokić L.,2018.)



**Slika 12.** Ventil za uzimanje uzorka, pigtail

(Izvor: Marđokić L., 2018.)

Ukoliko dođe do promjene boje nakon inkubacije iz smeđe u žutu, uzorak je pozitivan (Slika 14.). Ovom metodom se ne može utvrditi koja je vrsta mikroorganizma u onečišćenju, već se samo može utvrditi postoji li prisutnost mikroorganizam (NOK) ili ne postoji na očišćenoj površini.



**Slika 14.** Prikaz uzorka 1-pozitivan rezultat, 2-negativan rezultat

(Izvor: Marđokić L., 2018.)

Rezultati se zapisuju u tablicu u kojoj je označen datum, mjesto uzetog brisa te dobiven rezultat nakon inkubacije 3 dana na 30°C. Ukoliko je rezultat negativan upisuje se oznaka u tablici OK, ukoliko je pozitivan upisuje se NOK.

### 3.2.3. Optimizacija utroška vode pri ispiranju fermentora

Kako bi se optimizirao proces sanitacije potrebno je izmjeriti potrošnju vode u pogonu pomoću mjernih kanti te eksperimentalno odrediti potreban volumen vode za ispiranje sredstva za čišćenje. Razlika dobivenih vrijednosti predstavlja volumen moguće uštede po pranju.

$$V(\text{uštede}) = V_1(\text{potrošnja vode u pogonu}) - V_2(\text{eksperimentalno dobivena potrošnja vode})$$

U istraživanju je provedeno 5 mjerenja za fermentor volumena 4000L i 5 mjerenja za fermentor volumena 8000L. Za određivanje potrošnje vode u pogonu i eksperimentalno dobivene potrošnje vode, koristi se izračun srednje vrijednosti mjerenja.

$$V_1 = \frac{\sum V(\text{utrošak vode pri pranju})}{n(\text{broj uzoraka})}$$
$$V_2 = \frac{\sum V(\text{potreban volumen vode određen titracijom})}{n(\text{broj uzoraka})}$$

Za izračun moguće uštede vode pri pranju fermentora množimo volumen uštede vode po pranju sa brojem pranja na godišnjoj razini.

$$V(\text{uštede}) \times \text{broj pranja}$$



## 4. REZULTATI

### 4.1. Rezultati pranja fermentora kapaciteta 8000L

Oznaka „-“ u tablici predstavlja odsutstvo reakcije indikatora Fenolftalein sa uzorkom.

**Tablica 4.** Pranje fermentora F805, 8.05.2018.

Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,6		0,16
2	50		1,15	0,015
3	75		0,5	0,005
4	100	-	-	-
5	125	-	-	-

**Tablica 5.** Pranje fermentora F804, 07.06.2018.

Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,35		0,135
2	55		0,55	0,055
3	85		0,2	0,002
4	110	-	-	-

**Tablica 6.** Pranje fermentora F801, 13.06.2018.

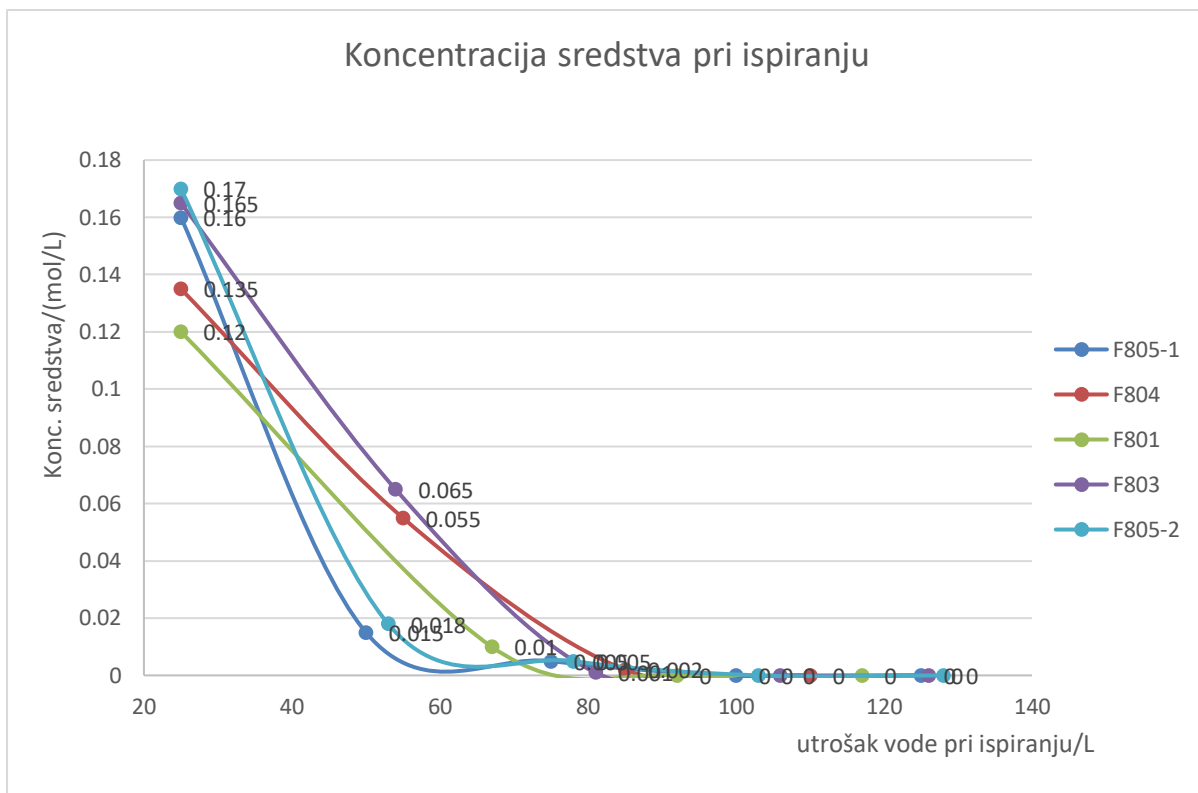
Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,55		0,12
2	67		0,3	0,003
3	92	-	-	-
4	117	-	-	-

**Tablica 7.** Pranje fermentora F803, 26.06.2018.

Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,65		0,165
2	54		0,65	0,065
3	81		0,1	0,001
4	106	-	-	-
5	126	-	-	-

**Tablica 8.** Pranje fermentora F805, 02.07.2018.

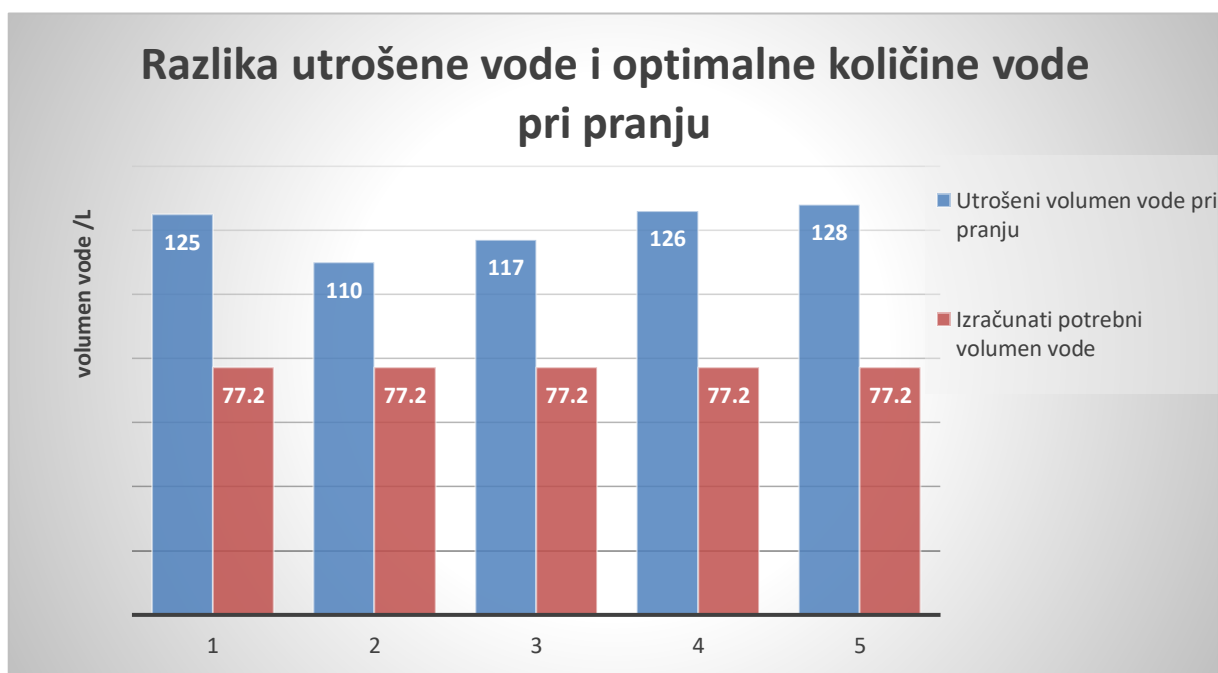
Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,7		0,17
2	53		1,8	0,018
3	78		0,5	0,005
4	103	-	-	-
5	128	-	-	-



**Slika 15.** Grafički prikaz koncentracije sredstva za pranje (HCL) tijekom ispiranja vodom fermentora volumena 8000L

**Tablica 9.** Optimizacija utroška vode prilikom pranja fermentora 8000L

Broj uzorka	V <sub>1</sub> (L)	V <sub>2</sub> (L)	V <sub>(ušteđ)</sub> (L)
1	125	75	50
2	110	85	25
3	117	67	43
4	126	81	45
5	128	78	50
Srednja vrijednost	121,2	77,2	42,6



**Slika 16.** Grafički prikaz usporedbe optimalne potrošnje vode sa utrošenom količinom vode za ispiranje sredstva za pranje fermentora volumena 8000L

**Tablica 10.** Rezultati briseva fermentora 8000L

Datum	Oznaka fermentora	Uzorak potpunog ventila	Uzorak nepotpunog ventila	Uzorak pigtaila
08.05.2018.	F805	OK	OK	OK
07.06.2018.	F804	OK	OK	OK
13.06.2018.	F801	OK	OK	OK
26.06.2018.	F803	OK	OK	OK
02.07.2018.	F805	OK	OK	OK

## 4.2. Rezultati pranja fermentora kapaciteta 4000L

Oznaka „-“ u tablici predstavlja odsustvo reakcije indikatora Fenolftalein sa uzorkom.

**Tablica 11.** Pranje fermentor F01, 10.05.2018.

Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	10	1,8		0,18
2	30		1,95	0,095
3	45		0,5	0,005
4	65	-	-	-
5	82	-	-	-
6	90	-	-	-

**Tablica 12.** Pranje fermentora F04, 14.05.2018.

Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,9		0,19
2	50		0,25	0,025
3	75		0,15	0,0015
4	100	-	-	-

**Tablica 13.** Pranje fermentor F05, 24.05.2018.

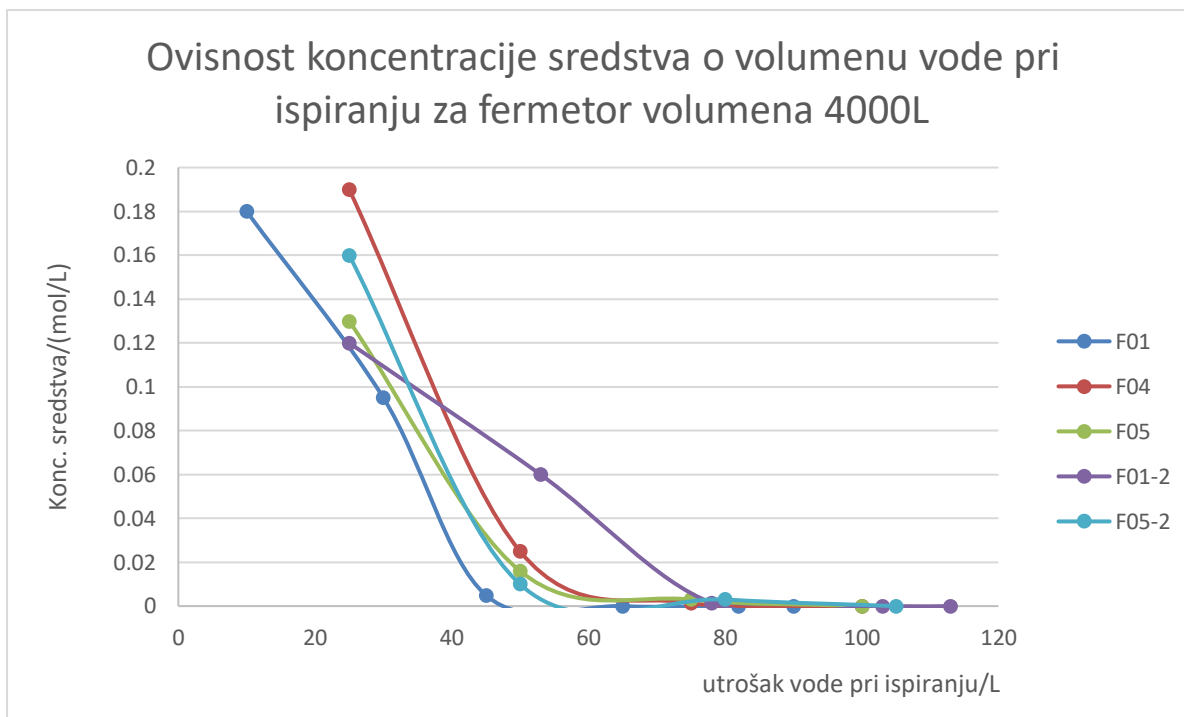
Broj ispiranja	Utrošak vode	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,3		0,13
2	50		1,6	0,016
3	75		0,3	0,003
4	100	-	-	-

**Tablica 14.** Pranje fermentor F01, 05.06.2018.

Broj ispiranja	Utrošak vode (L)	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,2		0,12
2	53		0,6	0,06
3	78		0,15	0,0015
4	103	-	-	-
5	113	-	-	-

**Tablica 15.** Pranje fermentor F05, 15.06.2018.

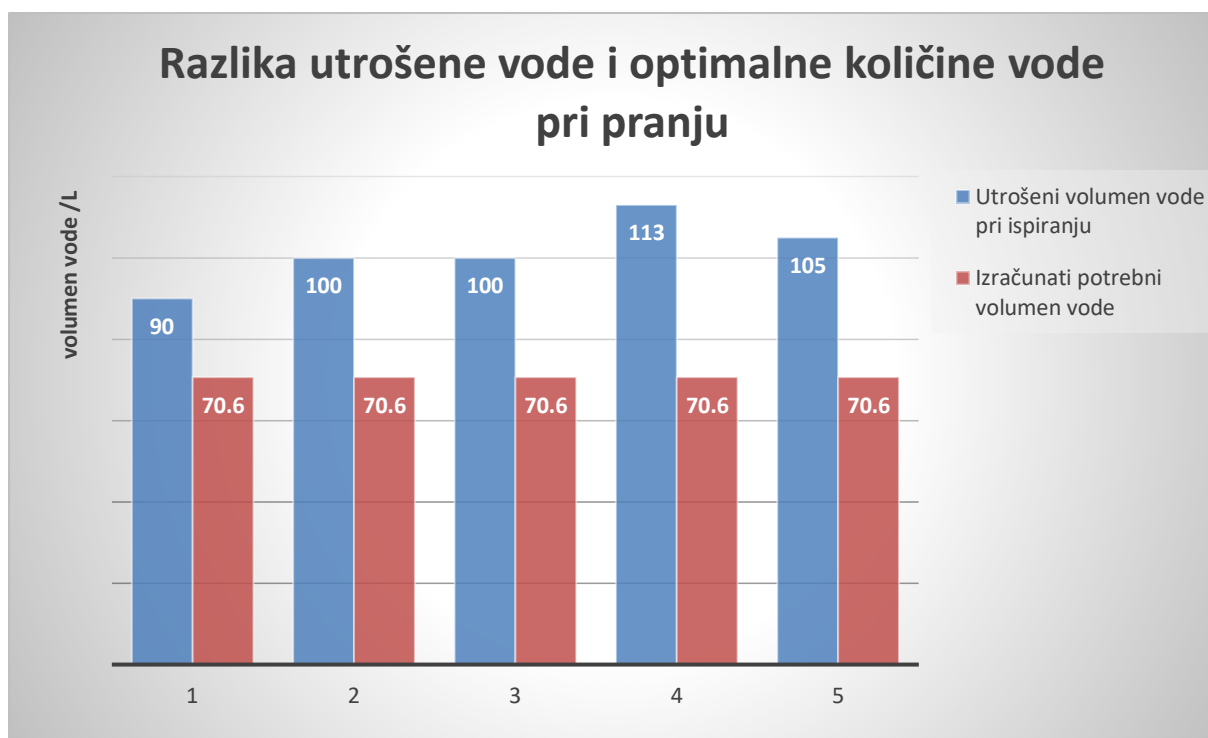
Broj ispiranja	Utrošak vode (L)	Utošak 1M HCl (mL)	Utrošak 0.1M HCl (mL)	Konc. NaOH u uzorku (mol/L)
1	25	1,1		0,16
2	50		1	0,01
3	80		0,3	0,003
4	105	-	-	-



**Slika 17.** Grafički prikaz koncentracije sredstva za pranje (HCL) tijekom ispiranja vodom fermentora volumena 4000L

**Tablica 16.** Optimizacija utroška vode prilikom pranja fermentora 4000L

Broj pranja	$V_1(L)$	$V_2(L)$	$V_{(ušteta)}(L)$
1	90	45	45
2	100	75	25
3	100	75	25
4	113	78	35
5	105	80	25
Srednja vrijednost	101,6	70,6	31



**Slika 18.** Grafički prikaz usporedbe optimalne potrošnje vode sa utrošenom količinom vode za ispiranje sredstva za panje fermentora volumena 4000L

**Tablica 17.** Rezultati briseva fermentora 4000L

Datum	Oznaka fermentora	Uzorak potpunog ventila	Uzorak nepotpunog ventila	Uzorak pigtaila
10.05.2018.	F01	OK	OK	OK
14.05.2018.	F04	OK	OK	OK
24.05.2018.	F05	OK	OK	OK
05.06.2018.	F01	OK	OK	OK
15.06.2018.	F05	OK	OK	OK



## 5. RASPRAVA

Usprkos unaprijeđenju tehnologije posljednjih godina, potrošnja energije, vode, količina nastalih otpadnih voda, kruti otpad, emisije plinova i ostali nusproizvodi piva predstavljaju veliki izazov u očuvanju okoliša. Upravo zato što je industrija piva peta po veličini u svijetu, mora se povećati svijest o utjecaju proizvodnje piva na okoliš i uvesti promjene u procesu proizvodnje kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš. Posebna potrošnja vode pala je za 4,5% u razdoblju studije od 2008. do 2010. godine. Specifična potrošnja vode prikupljena iz nacionalnih podataka o proizvodnji varira od 2,5 do 6,4 hl / hl s prosječno 4,2 hl / hl u 2010. godini.

Craft pivovare nemaju svakodnevnu proizvodnju stoga, ugradnja sustava za obradu vode bi bila teško održiva te financijski neisplativa. Najmanji sustav za anaerobnu obradu vode odgovarao bi pivovarama sa godišnjm proizvodnjom 140,000 – 295,000 hl, a cijena uvođenje sustava je procjenjeno na \$700,000 - \$1,200,000 U.S. Najmanji sustav za aerobnu obradu vode minimalno mogu obrađivati 37,855 L vode po danu što odgovara pivovarama s godišnjom proizvodnjom 21000 - 39000 hl, a ugradnja sustava procijenjena je na \$400,000 - \$900,000 U.S (Brewersassociation, 2014.).

Istraživanje je pokazalo kako se količina vode za pranje u pogonu može smanjiti pri pranju fermentora. Kada bi se na primjeru ovog istraživanja provelo ispitivanje na ostalim dijelovima pogona mogla bi se izračunati značajnija ušteda. Ušteda vode u craft pivovarama teško se provodi zbog limitiranosti pristupa tehnologiji zbog smanjenih financijskih mogućnosti. Većina craft pivovara nema automatizirane procese i ovise o ljudskom faktoru. Ljudski faktor povećava mogućnost pogreške. Djelatnici često koriste veće količine vode za ispiranje površina nego što je potrebno. Na taj način žele smanjiti mogućnost pojave kemijske kontaminacije u pivu (ostaci sredstava za čišćenje i/ili dezinfekciju).

Prema istraživanju kojeg su proveli Emmanuel Puplampu i Maarten Siebel u pivovari u Gani, postiglo se 18% smanjenja ukupne potrošnje vode u pivovari kroz 12 tjedana provođenjem edukacije i treninga zaposlenika. Promicanje svijesti o inicijativama za smanjenje potrošnje vode (edukacije, grupne rasprave, individualni razgovori i podizanje razine obavijesti zaposlenika) i ankete za prikupljanje podataka od strane osoblja o mogućnostima smanjenja korištenja vode (osoblje je najviše upoznato s različitim procesima, pridonijeli su proizvodnji svojim prijedlozima i mišljenjima) su glavne metode korištene u istraživanju. Nisu zahtijevali velike financijske investicije, a dovele su do smanjenja potrošnje vode sa 7,5 hl / hl

do 6,5 hl / hl piva (Puplampu E., Siebel M., 2005.). Na ovaj način su pokazali kako sama svijest i motiviranje zaposlenika ka smijeru poboljšanja načina rada tvornice može pridonijeti značajnim smanjenjem potrošnje vode.

U Bell's Pivovari - Kalamazoo, Michigan zaposlenici provode kontinuirano praćenje količine potrošnje vode s ciljem postizanja smanjenja utroška vode pri različitim operacijama. Koriste uređaje za praćenje volumena vode u njihovoj *brewhouse*, podrumu te na punionicama boca i kegova. Njihov CIP sustav smanjio je količinu potrošene vode za čišćenje spremnika pivovare za oko 65% u odnosu na prethodne postupke (Brewersassociation, 2014.).

Spremnik za vodu može se postaviti tako da se konačna voda za ispiranje može reciklirati u idućoj fazi pretpranja. Kako bi se spriječilo prelijeve vode iz spremnika za vodu, potrebno je obratiti pozornost na glasnoću vode pri ulazu u spremnik. Također se može uštediti prikupljanjem i ponovnom upotrebom sredstava za čišćenje, postoje metode kojima se može odrediti zasićenje sredstva pa na taj način se može uštediti i na vodi potrebnoj za pripremu tog sredstva. Mjerenjem pH se na jednostavan način može odrediti koncentracija sredstva, što omogućuje uvijek istu učinkovitost pranja te je utrošak vode kontroliran. Nepravilne postavke CIP stanice (ako je automatizirana) ili nekontrolirana priprema sredstava može dovesti do povećanja troškova.

Nažalost, ne postoje javno dostupni podaci o potrošnji vode u craft pivovarama u Hrvatskoj s kojima se može usporediti istraživanje. Iz dobivenih rezultata, vidljiva je moguća ušteda vode po pranju fermentora 70-77L ovisno o njegovoj veličini.

Rezultati svih briseva su negativni što dokazuje da je korištena metoda čišćenja i dezinfekcije primjerena za fermentore. U suprotnom, da je došlo do pojave pozitivnog testa trebalo bi upotrijebiti veće koncentracije sredstva za čišćenje i dezinfekciju te ponovno primijeniti mikrobiološku provjeru.

## 6. ZAKLJUČAK

Prema dobivenim rezultatima, količina vode potrebna za ispiranje sredstva za pranje (1% NaOH) kod fermentora volumena 8000L iznosi 77,2, a kod fermentora volumena 4000L iznosi 70,6L. Provođenje pranje ovisi o ljudskom faktoru, svaki radnik provodi pranje na svoj način. Različita koncentracija sredstva koje radnici sami pripremaju utječe na količinu vode pri ispiranju. Kada bi se standardizirao postupak dobiveni rezultat potrebne količine vode bi sigurno odgovarao u procesu ispiranja. Također, ne koriste svaki put istu količinu vode te je moguće uvesti korekciju u njihovim postupcima kao mjeru za smanjenje utroška vode. Prosječna ušteda volumena vode po pranju fermentora volumena 8000L iznosi 40,8L, a kod fermentora volumena 4000L iznosi 31L. Uz pretpostavku da se provodi dva pranja fermentora od 8000L tjedno i jedno pranje fermentora od 4000L, na godišnjoj razini ušteda vode iznosi 5803,2L.

U pivovari se koristi adekvatna metoda za čišćenje i dezinfekciju što prikazuju negativni testovi mikrobiološke provjere.

## 7. LITERATURA

1. Amienyo D., Azapagic A., (2016.): Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *International Journal Life Cycle Assess* (2016) 21:492 – 509 DOI 10.1007/s11367-016-1028-6
2. Angelikadi, I., Sanders, W., 2004. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. *Reviews in Environmental Science and Bio Technology* 3 (2), 117-129.
3. Asiedu J.J., (1991.): *La transformation des produits agricoles en zone tropicale : approche technologique*. Paris : Karthala.
4. Batstone, D.J., Keller, J., Angelikadi, I., Kalyuzhnyi, S.V., Pavlostathis, S.G., Rozzi, A., Sanders, W.T.M., Siegrist, H., Vavilin, V.A., 2002. The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM1). *Water Science and Technology* 45 (10), 65-73.
5. Belavić V.,(2018.): *Mikrobiologija piva*, strana 129-199, predavanja 2018
6. Bland, J., (1993): *Water Reuse and Energy Conservation in the 90's Brewery. Practical Considerations, Advantages and Limitations*. MBAA Tech. Quart. 30:pp. 86-89.
7. Brewersassociation (2014): *Water and Wastewater: Treatment/Volume Reduction Manual for Breweries*. Preuzeto sa <<https://www.brewersassociation.org/educational-publications/water-wastewater-sustainability-manual/> > 23.10.2018.
8. Čapka Andrej, (2017.): *HACCP sustav Zmajska pivovara*
9. Galitsky C., Martin N., Worrell E., Lehman B. (2003): *Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for breweries*. University of California, Berkeley
10. Hackensellner, T., (2000): *Efficient energy Use in the Brewhouse*, The Huppman Group, Kitzingen, Germany.
11. Lewis, J.M., Young, T.W., (1995): *Brewing*, Chapman & Hall, London
12. Lyumugabe L., Kamaliza G., Bajyana E., Thonart Ph., (2010.): *Microbiological and physico-chemical characteristics of Rwandese traditional beer "Ikigage"*. *African Journal of Biotechnology*, 9, 4241-4246.
13. Maoura N. & Pourquie J., (2009.): *Sorghum beer: production, nutritional value and impact upon human health*. Preedy V.R., ed. *Beer in health disease prevention*. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press, 53-60.
14. Marić V., (2009.): *Tehnologija piva*, Karlovac, str. 20-21, 175-177

15. Novellie L., (1976.): Beverages from sorghum and millets. Dendy D.A.V., ed. Proceedings of the International symposium on sorghum and millets for human food. 11-12th May 1976. 9th Congress of the International Association for Cereal Chemistry, Vienna. London: Tropical Products Institute, 73-77.
16. Novellie L., De Schaepdrijver P., (1986.): Modern developments in traditional African beers. *Prog. Ind. Microbiol.*, 23, 73-157.
17. Parker D. K. (2012.): Beer production, sensory characteristics and sensory analysis, Campden BRI, UK, str 133-158
18. Priest, F.G., Campbell, I., (1996): *Brewing microbiology*, second edition, Chapman & Hall, London
19. Puplampu E., Siebel M. (2005): Minimisation of water use in a Ghanaian brewery: effects of personnel practices, *Journal of Cleaner Production* 13, 1139e1143
20. Samuelsson, P., Halvarsson, B., Carlsson, B., 2007. Cost-efficient operation of a denitrifying activated sludge process. *Water Research* 41 (11), 2325-2332.
21. Sötemann, S.W., van Rensburg, P., Ristow, N.E., Wentzel, M.C., Loewenthal, R.E. Ekama, G.A., 2005. Integrated chemical/physical and biological process modelling Part 2 -Anaerobic digestion of sewage sludges. *Water SA* 31 (4), 545-550.
22. Speece, R.E., 1983. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. *Environmental Science and Technology* 17 (9), 416-427.
23. Šubašić i sur.,(2012): Higijena i sanitacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, PTF. Osijek 2012.
24. Tauseef, S.M., Abbasi, T., Abbasi, S.A., 2013. Energy recovery from wastewaters with highrate anaerobic digesters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19, 704-741.
25. Tisekwa B., (1989.): Improvement of traditional manufacturing of sorghum beer (mtama) in Tanzania. PhD thesis: Ghent University (Belgium)
26. The Environmental Performance of the European Brewing Sector (2012): Client number 12209, Report number 3101010DR02, Maj 2012
27. Van der Merwe, A.I., Friend, J.F.C. (2002.): Water management at a malted barley brewery. *Water SA* 28 (3), 313-318.
28. Van Oevelen D., Spaepen M., Timmermans P., Verachtert H., (1977): Microbiological aspects of spontaneous wort fermentation in the production of lambic and gueuze. *J Inst Brew* 83: 356–360.

29. Verachtert H., Iserentant D., (1995): Properties of Belgian acid beers and their microflora. Part I. The production of gueuze and related refreshing acid beers. Cerevisia, Belgian Journal of Brewing and Biotechnology 20: 37–41.
30. Zarnkow M. (2014.): Beer, Technische Universitat Munchen, Freising, Germany, str. 209-215

### **Izvor slika preuzetih s internet stranica:**

**Slika 1.** Godišnja proizvodnja piva, izvor:

<https://www.statista.com/statistics/270275/worldwide-beer-production/>

**Slika 2.** Raspodjela vode na Zemlji, izvor: <http://www.pacificwater.org/pages.cfm/water-services/water-demand-management/water-distribution/?printerfriendly=true>

**Slika 3.** Iskoristivost pitke vode za ljudsku prehranu, izvor:

<http://www.pacificwater.org/pages.cfm/water-services/water-demand-management/water-distribution/?printerfriendly=true>

**Slika 4.** Proces proizvodnog procesa piva, izvor:

<http://www.bjbeermachine.com/Technology.html>

**Slika 5.** Prikaz COP stanice, izvor: [https://www.researchgate.net/figure/COP-System-Photo-courtesy-of-Ecolab-Inc-wwwecolabcom\\_fig2\\_285600907](https://www.researchgate.net/figure/COP-System-Photo-courtesy-of-Ecolab-Inc-wwwecolabcom_fig2_285600907)

**Slika 6.** Shematski prikaz automatizirane CIP stanice za čišćenje, izvor: <https://cocoper6-cocoper6.blogspot.com/2018/01/clean-in-place-cip-pada-industri.html>

**Slika 7.** Prikaz reaktora za anaerobnu obradu otpadnih voda, izvor:

<https://teamaquafix.com/products/anaerobic-treatment/biogas-1>

**Slika 8.** Shematski prikaz aerobne obrade otpadnih voda, izvor:

<http://aquabluechemical.com/help-with-industrial-water-treatment>

**Slika 9.** Grafički prikaz razlike u razgradnji organskog otpada anaerobnom i aerobnom obradom, izvor: <https://www.ebsbiowizard.com/aerobic-vs-anaerobic-treatment-in-wastewater-systems-part-1-2-1275/>

**Slika 10.** Aparatura za titraciju, izvor: <http://www.rudarska.hr/wp-content/uploads/2018/02/Vjezba-21-Neutralizacija.pdf>

## 8. PRILOZI

### 8.1. Popis slika

<b>Slika 1.</b> Godišnja proizvodnja piva .....	1
<b>Slika 2.</b> Raspodjela vode na Zemlji .....	2
<b>Slika 3.</b> Iskoristivost pitke vode za ljudsku prehranu .....	2
<b>Slika 4.</b> Proces proizvodnog procesa piva.....	7
<b>Slika 5.</b> Prikaz COP stanice.....	9
<b>Slika 6.</b> Shematski prikaz automatizirane CIP stanice za čišćenje .....	10
<b>Slika 7.</b> Prikaz reaktora za anaerobnu obradu otpadnih voda .....	16
<b>Slika 8.</b> Shematski prikaz aerobne obrade otpadnih voda.....	17
<b>Slika 9.</b> Grafički prikaz razlike u razgradnji organskog otpada anaerobnom i aerobnom obradom .....	18
<b>Slika 10.</b> Aparatura za titraciju .....	20
<b>Slika 11.</b> Prikaz promjene boje nakon titracije uzorka s otopinom HCl.....	22
<b>Slika 12.</b> Ventil za uzimanje uzorka, pigtail.....	22
<b>Slika 13.</b> 1-ventil za potpuni ispust, 2-ventil za nepotpuni ispust .....	22
<b>Slika 14.</b> Prikaz uzorka 1-pozitivan rezultat, 2-negativan rezultat .....	23
<b>Slika 15.</b> Grafički prikaz koncentracije sredstva za pranje (HCL) tijekom ispiranja vodom fermentora volumena 8000L.....	27
<b>Slika 16.</b> Grafički prikaz usporedbe optimalne potrošnje vode sa utrošenom količinom vode za ispiranje sredstva za pranje fermentora volumena 8000L.....	28
<b>Slika 17.</b> Grafički prikaz koncentracije sredstva za pranje (HCL) tijekom ispiranja vodom fermentora volumena 4000L.....	31
<b>Slika 18.</b> Grafički prikaz usporedbe optimalne potrošnje vode sa utrošenom količinom vode za ispiranje sredstva za pranje fermentora volumena 4000L .....	32

## 8.2. Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Rodovi Gram pozitivnih i Gram negativnih bakterija te divljaih kvasaca nađenih pronađenih u pivovari (Priest i Campbell, 1996.) .....	13
<b>Tablica 2.</b> Najčešća mjesta pojave kontaminacije u pivovari (Lewis i Young, 1995) .....	13
<b>Tablica 3.</b> Utrošak vode tijekom proizvodnog procesa proizvodnje piva (Brewers association, 2014) .....	15
<b>Tablica 4.</b> Pranje fermentora F805, 8.05.2018. ....	25
<b>Tablica 5.</b> Pranje fermentora F804, 07.06.2018. ....	25
<b>Tablica 6.</b> Pranje fermentora F801, 13.06.2018. ....	25
<b>Tablica 7.</b> Pranje fermentora F803, 26.06.2018. ....	26
<b>Tablica 8.</b> Pranje fermentora F805, 02.07.2018. ....	26
<b>Tablica 9.</b> Optimizacija utroška vode prilikom pranja fermentora 8000L .....	27
<b>Tablica 10.</b> Rezultati briseva fermentora 8000L .....	28
<b>Tablica 11.</b> Pranje fermentor F01, 10.05.2018. ....	29
<b>Tablica 12.</b> Pranje fermentora F04, 14.05.2018. ....	29
<b>Tablica 13.</b> Pranje fermentor F05, 24.05.2018. ....	29
<b>Tablica 14.</b> Pranje fermentor F01, 05.06.2018. ....	30
<b>Tablica 15.</b> Pranje fermentor F05, 15.06.2018. ....	30
<b>Tablica 16.</b> Optimizacija utroška vode prilikom pranja fermentora 4000L .....	31
<b>Tablica 17.</b> Rezultati briseva fermentora 4000L .....	32