

# Prijedlog tehničko-tehnološkog rješenja pogona craft pivovare

---

Ivanešić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:417606>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, lipanj 2022.

Luka Ivanešić

**PRIJEDLOG TEHNIČKO-  
TEHNOLOŠKOG RJEŠENJA  
POGONA CRAFT PIVOVARA**

Rad je izrađen u Kabinetu za tehnološko projektiranje na Zavodu za Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Sandre Balbino.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za prehrambeno – tehnološko inženjerstvo  
Kabinet za tehnološko projektiranje

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija  
Diplomski sveučilišni studij: Prehrambeno inženjerstvo

## PRIJEDLOG TEHNIČKO-TEHNOLOŠKOG RJEŠENJA POGONA CRAFT PIVOVARA

*Luka Ivanešić*, univ. bacc. ing. techn. aliment.  
0058211494

**Sažetak:** Pivarstvo je na područjima Europe dobro poznato i ima svoju dugu povijest unutar društva. Prema poznatim činjenicama iz povijesti pivo su konzumirali stari Sumerani i Egipćani, a trgovanjem znanje o pivarstvu se prenosi na Grke i Rimljane. Njemački vojnici svojim dolaskom na područja Hrvatske krajem 17. st. i početkom 18. st. donose kulturu pivarstva te započinje razvoj i proizvodnja piva u Hrvatskoj. U zadnjem desetljeću u pivarstvu se javlja nova grana takozvanih „*craft*“ piva koje se zbog specifičnog okusa ističu u odnosu na standardno pivo poznato društvu. Rastom i razvojem pivarske industrije izrađen je Prijedlog tehničko-tehnološkog rješenja pogona *craft* pivovara u kojem se odabire adekvatna lokacija za izgradnju proizvodnog pogona, opisani su tehnološki procesi proizvodnje, izračunate materijalne i energetske bilance, navedeni uređaji i oprema te tlocrtni prikaz planiranog proizvodnog pogona izrađenog u AUTOCAD-u.

**Ključne riječi:** prijedlog tehničko-tehnološkog rješenja, *craft* pivovara, piva, proizvodnja

**Rad sadrži:** 66 stranica, 22 slika, 14 tablica, 51 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** prof. dr. sc. Sandra Balbino

**Pomoć pri izradi:** prof. dr. sc. Sandra Balbino

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. prof. dr. sc. Damir Stanzer (predsjednik)
2. prof. dr. sc. Sandra Balbino (mentor)
3. prof. dr. sc. Sanja Vidaček Filipec (član)
4. prof. dr. sc. Jasna Mrvčić (zamjenski član)

**Datum obrane:** 21. srpnja 2022.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of Food Engineering  
Section for Food Plant Design

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Food Technology

**Graduate university study programme:** Food Engineering

### PROPOSAL FOR A TECHNICAL-TECHNOLOGICAL SOLUTION FOR A CRAFT BEER PLANT

*Luka Ivanešić*, univ. bacc. ing. techn. aliment.

0058211494

**Abstract:** Beer brewing is well known in Europe and has a long history within society. According to known facts from history, beer was consumed by the ancient Sumerians and Egyptians, and through trade the knowledge of brewing was passed on to the Greeks and Romans. With their arrival in Croatia at the end of the 17<sup>th</sup> century and the beginning of the 18<sup>th</sup> century, German soldiers brought the culture of brewing and then began the development and production of beer in Croatia. In the last decade, a new branch of so-called *craft* beers has emerged in brewing, which stands out compared to standard beers known to society due to their specific taste. With the growth and development of the brewing industry, The Proposal of technical-technological solution of the *craft* brewery plant was prepared, in which an adequate location for the construction of the production plant is selected, technological production processes are described, material and energy balances are calculated, devices and equipment are listed, and floor plan of the planned production plant made in AutoCAD.

**Keywords:** proposal for a technical-technological solution, *craft* brewery, beer, production

**Thesis contains:** 66 pages, 22 figures, 14 tables, 51 references, 0 supplements

**Original in:** Croatian

**Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** PhD. Sandra Balbino, Full professor

**Reviewers:**

1. Damir, Stanzer, PhD, Full professor (president)
2. Sandra Balbino, PhD, Full professor (mentor)
3. Sanja Vidaček Filipec, PhD, Full professor (member)
4. Jasna, Mrvčić, PhD, Full professor (substitute)

**Thesis defended:** July 21<sup>st</sup> 2022.

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORETSKI DIO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. TEHNOLOŠKO PROJEKTIRANJE.....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Faze projektiranja .....	4
<b>2.2. PROJEKTIRANJE PIVOVARA.....</b>	<b>9</b>
2.2.1. Voda .....	9
2.2.2. Hmelj .....	10
2.2.3. Slad.....	11
2.2.4. Mikrobna kultura i kvasci.....	12
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. PROJEKTNI ZADATAK .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. OSNOVE ZA IZRADU TEHNOLOŠKOG PROJEKTA .....</b>	<b>16</b>
3.2.1. Analiza makrolokacije .....	16
3.2.2. Analiza mikrolokacije .....	17
<b>3.3. ANALIZA SIROVINA.....</b>	<b>19</b>
3.3.1. Slad.....	19
3.3.2. Hmelj.....	20
3.3.3. Mikrobne kulture i kvasci.....	20
3.3.4. Voda .....	22
<b>3.4. ANALIZA GOTOVIH PROIZVODA.....</b>	<b>25</b>
3.4.1. Pivo Drma.....	25
3.4.2. Pivo Purger .....	25
3.4.3. Ambalaža za proizvode .....	25
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1. BLOK SHEMA OBRADNE VODE.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2. BLOK SHEMA PROIZVODNJE PIVA .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3. OPIS TEHNOLOŠKIH PROCESA .....</b>	<b>31</b>
4.3.1. Prijem sirovine .....	31
4.3.2. Mljevenje slada .....	31
4.3.3. Ukomljavanje.....	31

4.3.4.	Razdvajanje/cijeđenje ošećerene sladovine.....	32
4.3.5.	Kuhanje sladovine.....	32
4.3.6.	Bistrenje, hlađenje i aeracija sladovine.....	33
4.3.7.	Fermentacija i doviranje.....	33
4.3.8.	Bistrenje/ Filtracija.....	34
4.3.9.	Karbonizacija.....	34
4.3.10.	Punjenje, pakiranje i skladištenje.....	35
4.3.11.	Rješenje za nusprodukte proizvodnje piva.....	35
<b>4.4.</b>	<b>POPIS UREĐAJA I OPREME.....</b>	<b>36</b>
4.4.1.	Materijalna i energetska bilanca.....	39
4.4.2.	Uređaji.....	41
4.4.3.	Energetska bilanca.....	55
<b>4.5.</b>	<b>TEHNOLOŠKI PARAMETRI PROSTORIJA.....</b>	<b>57</b>
<b>4.6.</b>	<b>POTREBNA RADNA SNAGA.....</b>	<b>58</b>
<b>4.7.</b>	<b>STUDIJA IZVEDIVOSTI.....</b>	<b>58</b>
<b>4.8.</b>	<b>GOTOVI PROIZVODI.....</b>	<b>59</b>
4.8.1.	Proizvod pivo Drma.....	59
4.8.2.	Proizvod pivo Purger.....	59
<b>4.9.</b>	<b>TLOCRT PIVOVARA.....</b>	<b>59</b>
<b>5.</b>	<b>ZAKLJUČCI.....</b>	<b>60</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>61</b>



# 1. UVOD

Pivo je proizvod starosti više od 5000 godina te su njegova proizvodnja i konzumacija nadživjele razne civilizacije. Pivo je jedno od najpopularnijih alkoholnih pića te po učestalosti konzumacije zauzima visoko treće mjesto iza vode i čaja (Samuel, 2021). Prema starim iskopinama i zapisima znanstvenici su utvrdili da su Babilonci proizvodili pivo u domaćinstvu još 7000 godina pr. Kr. te se proizvodnja prenijela na stari Egipat, Perziju i Grčku. Proizvodnja piva na industrijskoj razini bila je moguća tek krajem 19. stoljeća zbog industrijske revolucije. Neki od čimbenika razvoja industrijske proizvodnje piva bili su parni stroj Jamesa Watta, razvoj čiste kulture kvasca u laboratorijima Carlsberga te rashladni stroj Carla Von Lindea. Na području Hrvatske, kultura pivarstva pojavljuje se krajem 17. stoljeća dolaskom njemačkih vojnika. Jedne od najstarijih pivovara su Osječka pivovara i pivovara u Daruvaru gdje postoje porezni izvještaji iz kraja 17. stoljeća. Karlovačka pivovara osnovana je 1854. godine dok je Zagrebačka pivovara osnovana tek 1892. godine. Razvojem tehnologije i velike potražnje proizvoda, pivarska industrija razvijala se kroz 200 godina te postala jedna od najjačih industrija u Hrvatskoj (Gazdek, 2013).

Istraživanje koje je proveo Ekonomski institut iz Zagreba, objavljeno u lipnju 2017. godine, daje analizu i statističku obradu ukupnog utjecaja koje je sektor proizvođača piva ostvario u periodu od 5 godina. Rezultati studije pokazuju izrazito veliki potencijal pivarske industrije u Hrvatskoj zbog kontinuiranog i stabilnog rasta u vrijeme recesije. Pivarski sektor je stvorio preko 23.500 radnih mjesta te predstavlja 2 % od ukupnog broja zaposlenih u Hrvatskoj u 2015. godini (Ekonomski institut, 2017). Također, snažan rast pivarske industrije bilježi se u 2017. godini u iznosu od 3 % u odnosu na 2016. godinu. Usporedbom 2012. godine i 2016. godine izvoz piva u EU povećao se za 61 % što pokazuje mogućnost snažnog stvaranja ekonomske aktivnosti u državi. Na području Hrvatske postoji šest velikih aktivnih pivovara dok se u zadnjem vrijeme bilježi rastući trend malih tzv. *craft* pivovara. Takav trend pokazuje veliku prilagodljivost pivarske industrije zahtjevima potrošača u Hrvatskoj i široj Europi (HGK, 2017). Analizom hrvatskog tržišta piva u 2022. godini možemo uočiti značajan pad proizvodnje izvoza proizvoda. Jedan od razloga velikog pada je pandemija koja se dogodila početkom 2020. godine. Hrvatska proizvodnja pive se smanjila za 5 % dok u nekim državama članicama EU (Europske Unije) dolazi do rasta proizvodnje. Proizvodnja pive u Hrvatskoj je postigla vrhunac prije pandemije i iznosila je 3000 tisuća hektolitara proizvoda (Petričić, 2022).

Cilj ovog rada bio je projektirati pogon za proizvodnju *craft* piva na području Zagrebačke županije u glavnom gradu Republike Hrvatske – Zagrebu. Prilikom dizajniranja i prije planiranja tehnološkog projekta potrebno je definirati i odrediti neke od osnovnih parametara kao što su veličina pogona, ciljevi proizvodnje odnosno kapaciteti na mjesečnoj bazi te budžet odnosno financijska ovisnost. Također potrebno je odrediti potrebu za radnom snagom te sposobnost širenja unutar pogona (BBS, 2022). Za dobro postavljanje tehnoloških procesa obrade potrebna su teoretska znanja i praktična iskustva što setiče metode obrade, izbora stroja, alata, pribora i mjernih instrumenata za dani tip proizvodnje i traženu kvalitetu obrade (Hozdić & Hozdić, 2013). Prilikom izrade tehničko-tehnološkog elaborata od prehrambenog tehnologa se očekuje da razlikuje faze u projektiranju pogona te da definira procese unutar kojih se može povećati efikasnost strojeva, iskorištavanje cjelokupnog prostora pogona i povećati energetske učinkovitost na principu logičkog pozicioniranja i dizajniranja sustava proizvodnje (BBS, 2022).

## 2. TEORETSKI DIO

### 2.1. TEHNOLOŠKO PROJEKTIRANJE

Prehrambena industrija razvijala se tijekom godina od malih tvornica do velikih proizvođača. Cilj prehrambene industrije ili tehnološkog procesa je da se na ekonomičan način proizvodi hrana koja je sigurna, nutritivna i senzorski prihvatljiva kupcima (Maroulis i Saravacos, 2003). Projektiranje pogona prehrambene industrije uključuje sve korake njegovog nastanka počevši od početne zamisli i ideje te odabira tehnološkog procesa pa sve do realizacije projekta i puštanje u pogon (Balbino, 2015).

Tijekom projektiranja potrebno je uzeti u obzir aspekte dizajna prehrambenih postrojenja i ekonomije prehrambenog procesa kako bi se dobila bolja slika cijelog postrojenja za preradu hrane (Maroulis i Saravacos, 2003). Prehrambeno postrojenje se sastoji od procesnog sustava za proizvodnju proizvoda i pomoćnog sustava. Takvi sustavi se nalaze u specifičnim dijelovima zgrade te moraju osiguravati adekvatne uvjete među kojima je najbitnija higijena, sigurnost i funkcionalnost (Balbino, 2015).

Dizajn postrojenja prehrambene industrije uvelike se razlikuje od dizajna ostalih industrijskih pogona. Neke od razlika su sirovina i gotov proizvod koji su zahtjevni biološki materijali te ograničavaju postupke prerade pa se sirovina u mnogim industrijama može skladištiti samo određeno vrijeme. Velika količina sirovina je izrazito osjetljiva te se mora preraditi u najkraćem roku, a oprema mora biti sposobna izdržati nagle ekstremne uvjete prerade. Izuzetno su važni higijenski uvjeti u postrojenju, ali i u komunikaciji osoblja tijekom prerade/procesiranja hrane (Maroulis i Saravacos, 2013). Prije izgradnje pogona potrebno je provesti preliminarne studije za proizvod, sirovine i alternative u proizvodnom procesu i inženjerstvu. Zadatak prehrambenog inženjera je pronaći objektivna i efikasna rješenja koje zadovoljava zahtjeve investitora, potrebe pogona i zakonsku regulativu. Cilj projektnog inženjera jest razvitak i optimizacija procesa ovisno o resursima i problemima u zasebnim slučajevima uzimajući u obzir alternativne tehnike i metode procjene efikasnosti (Lopez- Gomez i Barbosa-Canovas, 2005).

Tipični zahtjevi koje operacije i oprema za proizvodnju hrane moraju zadovoljavati su:

1. Dinamika proizvodnje. Procesiranje hrane treba biti što je moguće brže, sa svrhom da bi se spriječila mikrobiološka kontaminacija i infekcija te degradacija kvalitete.
2. Primjena temperature. U većini slučajeva treba se primijeniti toplina na najmanjoj mogućoj razini da se spriječi gubitak kvalitete. U odnosu na topli lanac postoji i hladni

lanac (hladnjače) u kojem se temperatura mora održavati na najvišoj mogućoj razini da se sačuva energija.

3. Higijena. Higijenski uvjeti moraju pokrивati cijeli spektar proizvodnje, od linija za sirovinu o finalnog proizvoda, uključujući procese, opremu, zgrade i osoblje.

Prerada hrane uključuje razne industrijske procese u kojima se sirovine prevode u željeni produkt odnosno gotov proizvod. Uloga prehrambenog inženjera je da dizajnira i konstruira kompletan proces, izabere odgovarajuću opremu i sirovinu, upravlja pogonom na efikasni i ekonomski isplativ način te da osigurava sigurnost i kvalitetu gotovog proizvoda (Rahman i Ahmed, 2012).

### 2.1.1. Faze projektiranja

Projektiranje procesa u tehnološkom smislu predstavlja skup intelektualnih i kreativnih rješenja za problematiku koja se javlja tijekom izgradnje novih ili nadogradnje postojećih pogona. Projektiranje pogona uključuje dizajniranje funkcionalnog sustava za procesiranje s pomoćnim procesnim i ne procesnim sadržajem unutar pogona koji utječu na izbor lokacije (Balbino, 2015).

#### 2.1.1.1. Poduzetnička ideja

Poduzetnička ideja je prva faza u realizaciji bilo kojeg poslovnog projekta. Predstavlja početnu i osnovnu misao o ponudi konkretnih materijalnih proizvoda. Ideje mogu biti već poznate javnosti, a ovisno o određenim okolnostima ideja se može prilagoditi s ciljem ostvarivanja jeftinije i kvalitetnije proizvodnje (Balbino, 2015). Jedan od golemih izvora ideja za inoviranje su okolina i tržište (Golob, 2009).

#### 2.1.1.2. Projektni zadatak

Projektni zadatak predstavlja temeljni dokument projekta budućeg sustava. Dokument opisuje probleme u dosadašnjem stanju ili nove potrebe i mogućnosti. Takav zadatak može sadržavati tehnološke, ekonomske, pravne i vremenske zahtjeve. Prema opsegu poslova u projektu razlikujemo projektne zadatke kao što su racionalizacija, rekonstrukcija, povećanje kapaciteta kod već postojećih objekata ili izgradnja novog industrijskog pogona. Racionalizacija se odnosi na zadržavanje postojećih uređaja i strojeva, ali dolazi do njihove preraspodjele kako bi se povećala efikasnost postrojenja. Ostvaruje se veći radni učinak, ušteda

resursa i radne snage. Rekonstrukcija je vezana uz nove propise te se često mijenja namjena i funkcionalnost objekta u cilju prilagodbe sa suvremenim uvjetima proizvodnje. Uređaji se mijenjaju ako su zastarjeli ili tehnički istrošeni. Postiže se bolje iskorištenje kapaciteta i sirovina, smanjuje se potrošnja energenata i potrebna radna snaga, a povećava se kvaliteta proizvodnje. Povećanje kapaciteta u postojećim postrojenjima može se dogoditi uvođenjem paralelnih linija proizvodnje. Postavljanjem suvremenih strojeva većeg kapaciteta na određena mjesta tj. „uska grla“ u postojećoj liniji ukoliko ostali strojevi podržavaju veće kapacitete. Izgradnja novog industrijskog objekta uvodi neistražene metode kupovanjem licenci, usvajanje već poznatih i korištenih metoda ili se zasniva na uvođenju novih proizvoda ili tehnologija (Balbino, 2015).

#### *2.1.1.3. Prethodno istraživanje*

Tehnološke studije opisuju sadržaj dizajna tvornice i trebaju biti dio preliminarnih i finalnih dokumenata projekata. Ovakve studije se razvijaju na način da se provodi preliminarno istraživanje za proizvod i sirovine te se gleda dostupnost i lokacija, cijena sirovine i proizvoda, transport, karakterizacija proizvoda te analiza tržišta. Također provode se istraživanja različitih alternativa u tehnologiji i inženjerstvu, te se određuje analiza utjecaja različitih procesa na kvalitetu proizvoda, bilancu mase i energije te vrsta i količina nusproizvoda i otpada. Analiza i evaluacija tehnologija, inženjerstva i svih drugih čimbenika zahtjeva iscrpno sakupljanje informacija od različitih bibliografskih izvora i ponekad podataka iz laboratorija za razvoj postrojenja ili eksperimentiranje s pilot tvornicom. Ovakvim istraživanjem mogu se približno analizirati troškovi sirovine, radne snage, energije s obzirom na inženjerstvo (Balbino, 2015).

#### *2.1.1.4. Studija izvedivosti*

Studija izvedivosti je dio dokumentacije koju izrađuju ekonomisti te predstavlja tehnološki projekt s ekonomskom analizom. Studija izvedivosti se može podijeliti na poslovni plan i investicijski program. Poslovni plan predstavlja novčane investicije do 300.000 kuna dok investicijski program predstavlja novčana sredstva veća od 300.000 kuna te su značajno opsežniji (Balbino, 2015). Cilj studije izvedivosti je detaljna analiza budućeg projekta s različitih stajališta kao što su tržište, tehnički i tehnološki aspekti, organizacija te financije (Eurokonzalting, 2022). Uz studiju izvedivosti također je poželjna izrada CBA (Cost-Benefit Analysis) analize koja nam omogućuje donošenje ispravnih strateških odluka vezano za investicije u projekt. Takva analiza također omogućuje usporedbu svih prednosti i nedostataka

projekta (Kakša, 2022). Studija se sastoji o podacima o poduzetniku, poduzetničkoj ideji, opisu lokacije, sirovina, proizvoda i tehnološkog procesa te vrlo detaljnu ekonomsku analizu sa proračunima dobitaka i gubitaka te proračun razdoblja povrata investicijskog ulaganja.

#### *2.1.1.5. Glavni projekt*

Glavni projekt je skup međusobno usklađenih projekata kojima se daje tehničko rješenje građevine i dokazuje ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu te drugih propisanih i određenih zahtjeva i uvjeta. Projekti se razvrstavaju prema namjeni i razini izrade te ih dijelimo na arhitektonski, građevinski, elektrotehnički i strojarski (Zakon o gradnji, 2013). U arhitektonski projekt ulazi projekt zgrade i dizajn, građevinski obuhvaća statičke proračune i crteže, elektrotehnički sadrži električni dizajn, kanalni razvod, osvjetljenje, dovodi, transformatori i gromobransku instalaciju. Strojarski projekt obuhvaća ventilaciju, zagrijavanje, klimatizaciju, kotlovcu, rashladne sustave te vodovod i kanalizaciju. Tehnološki projekt prilikom projektiranja objekta prehrambene industrije predstavlja temeljni projekt iz kojeg proizlazi svi ostali projekti. Temeljni sadržaj tehnološkog projekta je projektni zadatak, opis tehnološkog procesa što je zadatak prehrambenog tehnologa te nacrti kao što su tlocrti prostorija i glavne opreme u objektu u mjerilima 1:50, 1:100, 1:200 (Balbino, 2015).

#### *2.1.1.6. Pravni aspekti gradnje pogona*

Prehrambena industrija mora zadovoljavati zakonodavstvo Republike Hrvatske, a najvažniji zakonski propisi koji definiraju gradnju su:

- Zakon o gradnji (NN 153/13),
- Zakon o hrani (NN 81/13),
- Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/13).

Osim glavnih zakonskih propisa u pogonu potrebno je provoditi osnovna pravila za subjekte u poslovanju s hranom na način da se provode temeljni principi HACCP sustava, dobra higijenska praksa (*eng. good hygiene practices, GHP*) i dobra proizvođačka praksa (*eng. good manufacturing practices, GMP*).

Također postoje specifični zakonski propisi kao što su Uredbe i Pravilnici pa to možemo pronaći:

- Uredbu o higijeni hrane (852/2004),

- Pravilnik o registraciji subjekata te registraciji i odobravanju objekata u poslovanju s hranom ( NN 84/2015),
- Pravilnik o pravilima uspostave sustava i postupaka temeljenih na načelima HACCP sustava (NN 68/2015).

#### 2.1.1.6.1. *Zakon o gradnji (NN 153/13)*

Zakonom o gradnji uređuje se projektiranje, građenje, uporaba i održavanje građevina te provedba upravnih i drugih postupaka s tim u vezi radi osiguravanja zaštite i uređenja prostora u skladu s propisima. Unutar zakona nalaze se temeljni zahtjevi za građevinu i to su: mehanička otpornost i stabilnost, sigurnost u slučaju požara, higijena, zdravlje i okoliš, sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe, zaštita od buke, gospodarenje energijom i očuvanjem topline te održiva uporaba prirodnih izvora. Izradi projekta prethodi izrada više vrsta elaborata među kojima je i Elaborat tehničko-tehnološkog rješenja kojeg izrađuje ovlašteni (prehrambeni) inženjer i koji predstavlja bazu i daje kvalitativnu i kvantitativnu osnovu sa svim tehničkim podacima koji su potrebni u izgradnji projekata (Zakon o gradnji, 2013).

#### 2.1.1.6.2. *Zakon o hrani (NN 81/13)*

Zakonom o hrani utvrđuju se nadležna tijela i njihove zadaće, obveze subjekta u poslovanju s hranom i hranom za životinje, službene kontrole te se propisuju upravne mjere i prekršajne odredbe za provedbu sljedećih:

- Uredba (EZ) br. 178/2002
- Uredba Komisije (EZ) br. 1304/2003
- Uredba Komisije (EZ) br. 2230/2004
- Uredba Komisije (EU) br. 115/2010
- Uredba Komisije (EU) br. 16/2011
- Provedbene uredbe Komisije (EU) br. 931/2011
- Provedbene uredbe Komisije (EU) br. 208/2013
- Odluke Komisije 2004/478/EZ
- Uredba (EZ) br. 1760/2000.

Zakonom se propisuju odredbe na nacionalnoj razini kojima se uređuje nadležnost za uspostavu i provedbu politike sigurnosti hrane, analize rizika, sustava brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje, upravljanje krizom u području sigurnosti hrane, koordinacija mreža

institucija, davanje znanstvenog i stručnog mišljenja. Obuhvaća sve korake u proizvodni, preradi i distribuciji hrane te hrane za životinje (Zakon o hrani, 2013).

#### *2.1.1.6.3. Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/13)*

Ovim se Zakonom utvrđuju nadležna tijela i zadaće nadležnih tijela, obaveze subjekata u poslovanju s hranom, službene kontrole te se propisuju upravne mjere i prekršajne odredbe za provedbu:

- Uredbe (EZ) br. 852/2004,
- Uredbe Komisije (EZ) br. 2073/2005,
- Uredbe Komisije (EU) br. 210/2013,
- Uredbe Komisije (EZ) br. 37/2005.

Na Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima dodatno se veže i Pravilnik o registraciji odobravanju objekata te o registraciji subjekata u poslovanju s hranom u kojima se nalaže da subjekt u poslovanju s hranom uspostavi i provodi te održava sustave i postupke baziranih na načelima HACCP sustava. Također je potrebno provoditi provjere prema mikrobiološkim kriterijima kao i obvezno registrirati svaki objekt u kojem se obavlja djelatnost u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i distribucije hrane. Nadležna tijela za organizaciju formalnih kontrola prema Zakonu su ministarstvo nadležno za poljoprivredu i ministarstvo nadležno za zdravlje, dok službene kontrole provode veterinarski, poljoprivredni i sanitarni inspektori (Zakon, 2013; Pravilnik, 2019).

#### *2.1.1.7. Ekonomski aspekt*

Za izračun ekonomskog aspekta projektiranja prehrambene tvornice potrebni su osnovni podaci koji uključuju materijale, sirovinu, procesi proizvodnje, pakiranje i skladištenje. Primjena ekonomije u procesno inženjerstvo je ograničena, zbog raznolikosti prehrambenih procesa te manjak inženjerskih i ekonomskih podataka vezani za kompleksnost prehrambenih proizvoda (Maroulis i Saravacos, 2008). Operativni troškovi u procesiranju su troškovi sirovog materijala i materijala za pakiranje, što može činiti i do 70 % ukupnog troška, dok ostalo obuhvaća energija, radnici te održavanje sustava. Ekonomska analiza se procjenjuje povratom ulaganja, prezentirano neto vrijednošću kompanije ili kumuliranjem priljevom novaca.



## 2.2. PROJEKTIRANJE PIVOVARA

Prema Pravilniku o pivu i pivu s dodacima, NN 42/2005, pivo je proizvod dobiven vrenjem odnosno fermentacijom pivske sladovine upotrebom čistih kultura kvasaca, a samo iznimno samovrenjem ili uporabom mješovitih mikrobnih kultura. Za proizvodnju se mogu koristiti različite sirovine, ali osnovna podjela je u četiri kategorije, a to su: slad, hmelj, mikrobnih kultura i kvasac i voda (Pravilnik, 2005) .

### 2.2.1. Voda

Voda je osnovni sastojak piva te čini više od 90 % gotovog proizvoda. Zbog izrazito velikog udjela vode u proizvodu potrebna je vrlo visoka kakvoća vode. Za kuhanje u pivarstvu izrazito je bitan kemijski i mikrobiološki sastav vode te razlikujemo nekoliko tipova vode s obzirom na stilove piva koje se proizvode (tablica 1).

**Tablica 1.** Različiti kemijski sastavi vode za kuhanje piva (*prema Bamforth,2006*)

	Mjerna jedinica	Münchenski stil	Dortmundski stil	Bečki stil	Plzenski stil
Ukupna tvrdoća	ppm CaCO <sub>3</sub>	264	737	689	28
m-alkalnost	ppm CaCO <sub>3</sub>	253	300	551	23
Nekarbonska tvrdoća	ppm CaCO <sub>3</sub>	11	437	138	5
Ca	ppm CaCO <sub>3</sub>	189	655	407	18
Mg	ppm CaCO <sub>3</sub>	75	82	282	10
Rezidualna alkalnost	°G	10,6	5,7	22,1	0,9
Krute čestice	ppm	284	1110	948	51

Najčešći problem u vodi je prisutnost klora i sitnih krutih čestica koji se mogu uklanjati prije samog dolaska u sustav pogona korištenjem filtera i aktivnog ugljena. Ovisno o koncentraciji otopljenih mineralnih tvari vode dijelimo na meke, srednje, tvrde te se mekši tipovi koriste za proizvodnju svjetlijih piva dok tvrđi za proizvodnju tamnijih. Kalcij ima bitnu ulogu u procesiranju odnosno djeluje na pH sladovine, kofaktor je u aktivnosti enzima, taloženju oksalata (pivski kamen) i flokulaciji kvasca te ima mali utjecaj na okus. Kloridni i

sulfatni ioni se smatraju izrazito bitnima u paleti okusa piva i mnogi pivari određuju omjer klorida i sulfata za alkoholno piće kao što je pivo (Parker, 2012).

### 2.2.2. Hmelj

Hmelj je biljka penjačica iz porodice *Cannabaceae*, red *Rosales* koju pronalazimo na područjima sjeverne hemisfere te cvijeta u proljeće. Biljka hmelja ima odvojene muške i ženske dijelove te se češeri ženskih biljaka koriste u pivarstvu. Prije upotrebe hmelja u 15. stoljeću, piva se bile aromatizirane biljem i začinima (Parker, 2012). Hmelj ima izrazito veliki utjecaj na okus piva iako se koristi u manjim količinama (Bamforth, 2006). Hmelj doprinosi gorčini i hmeljastom okusu piva, ali i pojačava formaciju i stabilnost pjene. Hmelj ima i antibakterijska svojstva te doprinosi zaštiti od kontaminacije od strane drugih mikroorganizama (Parker, 2012). Češeri hmelja u sebi sadrže gorku tvar lupulin, alkaloid humulin, eterična ulja u koncentraciji do 2 % te hmelj taninsku i valerijansku kiselinu (tablica 2). Izo-alfa kiseline najviše proizlaze iz smole hmelja koji su odgovorni za gorčinu, dok različiti spojevi odgovorni za hmeljasti mirisi aromu proizlaze iz eteričnih ulja hmelja (Eyres i Dufour, 2009). Ključni korak u procesu kuhanja je konverzija alfa kiselina u izo-alfa kiseline kako bi se postigla željena gorčina. Uspješnost konverzije alfa kiselina u izo-alfa kiseline u procesima kuhanja je između 40-65 % (Gänz, 2022). Na takav korak konverzije utječu mnogi parametri kao što su vrsta i sastav izvornog hmelja, temperatura kuhanja te doza, vrijeme doziranja, pH vrijednost sladovine, odvajanje ostataka hmelja i proteina, temperature fermentacija, oblik tankova, te metode filtriranja i stabilizacije (Bamforth, 2006). Stabilnost okusa piva je pod direktnim utjecajem hmelja na različite načine od kojih je jedan od njih utjecaj polifenola, ali i prisutnost neizomeriziranih alfa kiselina (Schönberger i Kostelecky, 2011). Zbog velike važnosti hmelja u procesu proizvodnje piva potrebno je standardizirati proizvodnju i koristiti razvijenu recepturu. Kao marketinško sredstvo za označavanje gorčine piva koristi se IBU vrijednost odnosno „*International Bitterness Unit*“ kako bi pomogla pivarima u proizvodnji konstantne kvalitete i gorčine piva (Hieronymus, 2012). Osim u procesima kuhanja piva kao početnim fazama proizvodnje hmelj se kao sastojak može dodavati u fazu fermentacije piva te se takav postupak naziva „*dry hopping*“. *Dry hopping* odnosno suho hmeljenje je tehnika koja se koristi u pivarstvu kako bi se pojačala hmeljasta aroma i okus piva. Ovom tehnikom se iz hmelja izlučuju nehlapljivi i hlapljivi sastojci u alkoholnu otopinu te se pojačava mikrobnost i senzorska stabilnost piva (Lafontaine i Shellhammer, 2018).

**Tablica 2.** Prikaz prosječnog kemijskog sastava osušenog češera hmelja (*prema* Almaguer i sur.,2014)

Komponenta	Udio [%]
Ukupne smole	15-30
Esencijalna ulja	0,5-3
Proteini	15
Monosaharidi	2
Polifenoli(tanini)	4
Pektini	2
Amino kiseline	0,1
Voskovi i steroidi	0-25
Pepeo	8
Vlaga	10
Celuloza	43

### 2.2.3. Slad

Slad je zrno žitarice koje je tehnološkim procesima dovedeno do klijanja i zatim osušeno pri čemu proces proizvodnje obuhvaća nekoliko faza. U početnim fazama žitarice se sortira prema veličini kako bi se osigurao jednolik kontakt s vodom u fazama namakanja i klijanja. Tijekom klijanja dolazi do biokemijskih reakcija i aktivacije enzima. Ovisno o tretmanu sušenja moguće je dobiti različite varijetete slada iz jedne vrste koji ima određene karakteristike. Takvim procesiranjem slada dobivaju se karakteristike koje će utjecati na boju, okus, oblik te na procese fermentacije (Mallet, 2014). Slad je bogat velikom količinom škroba te služi kao polazna sirovina za procese fermentiranja, ali sadrži i ostale bitne komponente kao što su proteini, vlakna te manje udjele vode i masti (tablica 3). U oljuštenom zrnu ječma postotak proteina i masti je smanjen dok se povećava udio ugljikohidrata. Osim najbitnijih komponenti ječma je bogat i raznim mineralima kao što su kalij, magnezij, željezo, mangan, cink te također sadrži veliku količinu vitamina B skupine i manje količine vitamina A, E, K (Mallet, 2014). Slad je osnovna sirovina za proizvodnju piva te se mogu koristiti ječmeni i pšenični slad kao najčešći te postoje i drugi varijeteti. Pivarski slad sadrži određene hidrolitičke enzime koji omogućuju razgradnju škroba na jednostavnije šećere koji potom služe kao izvor hrane za mikroorganizme u procesu fermentiranja.

**Tablica 3.** Prikaz prosječnog kemijskog sastava ječma (Podravka, 2022)

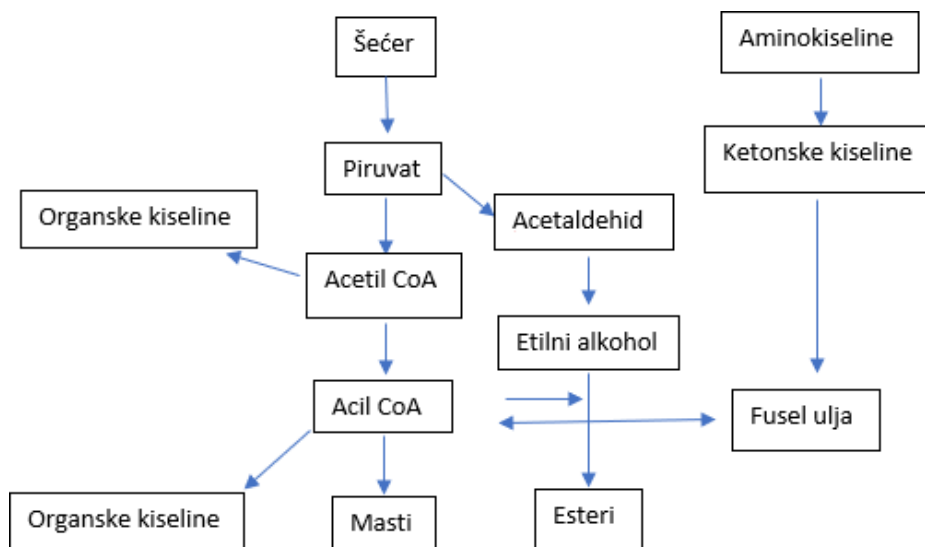
Komponenta	Masa [g]
Voda	9,4 g
Proteini	12,5 g
Masti	2,3 g
Ugljikohidrati	73,5 g
Vlakna	17,3 g

U usporedbi s drugim sirovinama, slad u pivi ima najveći utjecaj na formiranje i stabilnost pjene (Kordialik-Bogacka i Antczak, 2011). U istraživanju provedenom od strane Evans-a i suradnika 2003. godine dokazano je da stabilnost pjene ovisi o sladu te je potrebno da slad sadrži određeni udio komponenti kao što su proteini i polipeptidi (Bamforth i Kanauchi, 2003; Kordialik-Bogacka i Antczak, 2011; Evans i sur., 2003). U vodi topljivi proteini iz slada imaju utjecaj na formiranje i teksturu pjene koja je bitna karakteristika vezana za kvalitetno pivo (Perrocheau i sur., 2005). Mutnoća piva također je povezana s ukupnim udjelom proteina u sladu. Djelovanjem hidroliziranih i kemijski modificiranih proteina iz slada koji nastaju procesiranjem slada dovodi do nastanka specifične mutnoće piva. Takva mutnoća javlja se kao posljedica djelovanja protein-polifenol interakcija (Ye i sur., 2016). Djelovanjem određenih proteina iz slada koji su hidrolizirani i kemijski modificirani te su nastali procesiranjem slada dovodi do nastanka specifične mutnoće piva. Postoji velika količina raznih enzima odgovornih za metabolizam u sladu, a oni koji su najbitniji su alfa- i beta-amilaze, alfa-glukozidaza koji nastaju u većim količinama tijekom procesa klijanja zrna. Alfa amilaza je endohidrolaza koja cijepa glukozidne veze u škrobu, nastaje u većim količinama u procesima klijanja i ovisna je o pH vrijednosti i prisutnosti kalcijevih iona. Postoje varijeteti ovakvog enzima te ga dijelimo na amilazu 1, amilazu 2, te termostabilnu amilazu. Amilaza 2 nastaje iz amilaze 1 u početnim faza klijanja zrna. Optimalna temperatura rada amilaze 2 je 65 °C, dok za termostabilnu amilazu iznosi oko 75 °C (Briggs i sur., 1981; Hosney, 1986). Beta amilaza je odgovorna za razgradnju velike količine amiloze i amilopektina, alfa glukozidaza za razgradnju škroba (Fox, 1996).

#### 2.2.4. Mikrobna kultura i kvasci

Kvasac je jednostanična gljiva ključna u fermentaciji alkoholnih pića. Istraživanja su pokazala da najviše sojeva ima vrsta *Saccharomyces cerevisiae* koji pripada carstvu *Fungi* u razred *Ascomycetes*. Njegove karakteristike su da se razmnožava pri temperaturama od 20-35 °C, dok u procesima proizvodnje takvi uvjeti su specifičniji (Waters i sur., 2009). Zbog visoke fermentacijske aktivnosti i dobrog podnošenja različitih ekstremnih uvjeta okoline koji su prisutni u industrijskim pogonima, došlo je do selekcije nekoliko sojeva kvasca s određenim svojstvima (Herskowitz, 1988). Genotip određenih sojeva kvasaca mogu izrazito utjecati na konačni proizvod fermentacije. Fenotipska ekspresija genotipa kvasca kontrolirana je uvjetima u procesu fermentacije (Boulton i Quain, 2001). Ugljikohidrati čine više od 90 % čvrstih čestica sladovine i to su najčešće fermentabilni šećeri kao što su saharoza, fruktoza, glukoza, maltoza i maltotrioza (Willaert, 2012). Pivski sojevi konzumiraju šećere sladovine u određenom slijedu glukoza, fruktoza, maltoza i maltotrioza. Kada se potroši više od 60 % glukoze sladovine tek tada kvasac kreće prevoditi maltozu. Zbog visokog udjela glukoze inhibirani su procesi pretvorbe ostalih šećera. Uspješnost pivarskog kvasca da provodi alkoholnu fermentaciju ovisi o mogućnosti korištenja šećera u sladovini. Ova sposobnost kvasca određivat će brzinu fermentacije i kvalitetu gotovog proizvoda (Willaert, 2012). Osnovna podjela pivarskih kvasaca je na kvasce gornjeg vrenja (*ale* i *weiss* kvasci) te kvasci donjeg vrenja (*lager*kvasci). Skupini *Ale* kvasaca pripada veći broj različitih sojeva i fermentira na višim temperaturama (18-24 °C), dok *lager* kvasci nemaju toliku raznolikost u sojevima i fermentiraju na nižim temperaturama (8-14 °C) (Lodolo i sur., 2008). Fermentacija je proces koji nastaje uslijed rasta kvasca u sladovini i njegovim djelovanjem u mediju. U anaerobnim uvjetima odnosno uvjetima bez kisika (O<sub>2</sub>) i prisutnosti enzima dolazi do pretvorbe dobivenog piruvata do acetaldehid međuprodukta onda konačno do etanola i ugljikovog dioksida. Pivo je stabilni medij za mikroorganizme te prisustvom nekih nepoželjnih mikroorganizama dolazi do kvarenja u procesima mljevenja i proizvodnje piva. (Vaughan i sur., 2005). Mogućnost flokulacije je karakteristika kvasca koja ovisi o izgledu tanka, ali ovisi i o udjelu ugljikohidrata, udjelu kalcija, obliku stanica, veličini stanica, ionskim silama, osmolalnosti, pH vrijednosti. Prisutnost CO<sub>2</sub> može imati i negativne i pozitivne strane na cjelokupni proces proizvodnje piva. Negativne strane su smanjenje metaboličke aktivnosti kvasca i toksičnost za stanice kvasca (Lodolo i sur., 2008). Osim provođenja fermentacije do alkohola etanola i ugljikovog dioksida zbog

metabolizma kvasca nastaju i drugi metaboliti kao što su karbonili, aldehidi i ketoni, esteri, vicinalni diketoni kao što je diacetil, masne i organske kiseline te sumporni spojevi prikazani na slici 1.



**Slika 1.** Shematski prikaz nastanka fermentacijskih produkata (prema Tang i Li, 2017)

Pivo je stabilni medij za mikroorganizme te razvojem nepoželjnih mikroorganizama dolazi do kvarenja u procesima mljevenja i proizvodnje piva. Za biološko očuvanje međuprodukta proizvodnje mogu se koristiti specifične bakterije mliječne kiseline koje svojim metabolizmom i produktima metabolizma sprečavaju rast nepoželjnih bakterija i gljiva. Bakterije mliječne kiseline možemo pronaći kroz cijeli proces proizvodnje piva i u konačnom proizvodu. Čini prirodnu mikrobiotu nekih sladova te preživljava postupke mljevenja i kuhanja u proizvodnji piva (Vaughan i sur., 2005). Primarni sastojci kao što su voda, slad, hmelj i kvasac ulaze u proces proizvodnje u određenim fazama. Voda i slad su prvi sastojci koji se miješaju u procesu ukomljavaanja, tijekom kuhanja dodaje se i hmelj radi postizanja gorčine i arome te u zadnjim fazama prije prijenosa u tank dodajemo kvasac kao mikrobnu kulturu. Interakcijom i miješanjem sastojaka dobivamo gotov proizvod sa malim udjelom alkohola i specifičnim gorkim okusom hmelja. Pivo se može naći i pod drugim imenom, a to je tekući kruh zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti. Prosječna energetska vrijednost piva je 41 kcal na 100 mL proizvoda. Visoka energetska vrijednost potječe iz alkohola, a ovisno o vrsti možemo ga pronaći u volumnim udjelima od 0,1 pa do 7,5. Nutritivna vrijednost također ovisi i o udjelu suhe tvari koji je sastavljen od nefermentabilnog ekstrakta koji se pretežno sastoji od ugljikohidrata, dušikovih spojeva i ostalih organskih i anorganskih spojeva. *Craft* pivovare su pivovare kao i sve druge ali se razlikuju po dobivenom proizvodu. Proizvod dobiven u *craft*

pivovarama razlikuje se u odnosu na standardne pive zbog korištenja specifičnih sastojaka s ciljem postizanja unikatnosti i originalnosti proizvoda. Takva specifičnost proizvoda omogućuje poslodavcu probijanje na tržište i postizanje određenog statusa u pivarskom društvu (Marić, 2008).

## **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### **3.1. PROJEKTNI ZADATAK**

Nalaže se izrada tehnološkog projekta pogona za proizvodnju piva te u sklopu navedenog objekta uz glavni prostor treba projektirati sve prateće sadržaje pogona kao što su skladišne prostorije, pomoćne prostorije, radne prostorije, garderobe, sanitarne prostorije te laboratorij. Mjesečni kapacitet proizvodnje je potrebno prilagoditi proizvodnji 3000 L *craft* piva od kojeg su sljedeći proizvodi:

- 1) Drma - Red Hoppy *Ale*- 1500 L
- 2) Purger - Blonde *Ale*- 1500 L

Završni proizvodi će se plasirati na tržište u tekućem stanju te se pakiraju u metalne spremnike volumena 20 L. U projektiranju treba voditi računa da veličina i raspored prostorija budu takvi da se izbjegnu takozvana „uska grla“ u proizvodnji te da se izbjegne križanje čistih i prljavih putova. Higijena u prostorijama za proizvodnju mora biti na najvišoj razini kako bi se spriječila kontaminacija pa će se i o tome voditi računa prilikom projektiranja tvornice.

U tehnološkom projektu potrebno je opisati sirovine, gotovi proizvod, predložena lokacija objekta, detaljno prikazati tehnološki proces proizvodnje, normativi, radna snaga, mjere sanitarne zaštite objekta te drugi bitni pokazatelji u pisanom obliku i potrebni crteži. Prilikom projektiranja izrađuje se više varijanti te se bira ona koja je najisplativija i omogućuje najbolju kvalitetu proizvoda.

Također sve prostorije moraju biti u skladu sa zakonodavstvom i regulativama u Republici Hrvatskoj te vodeći računa i o standardima EU, HACCP sustava i ostalih primjenjivih standardima.

### **3.2. OSNOVE ZA IZRADU TEHNOLOŠKOG PROJEKTA**

#### **3.2.1. Analiza makrolokacije**

Pogon za proizvodnju piva bit će smješten u glavnom gradu Republike Hrvatske - Zagrebu. Grad Zagreb je najveći grad u Hrvatskoj po broju stanovnika dok šire područje grada obuhvaća i do milijun ljudi. Prema podacima iz 2018. u Zagrebu živi 1232,5 stanovnika po 1 km<sup>2</sup> a ukupna površina je 641 km<sup>2</sup>. Zagreb je smješten u kontinentalnoj središnjoj Hrvatskoj, te ga



omeđuju planina Medvednica na sjeveru i rijeka Sava na jugu, ima povoljan zemljopisni položaj te se nalazi na prometnom čvorištu između Srednje i Jugoistočne Europe i Jadranskog mora (GZ, 2022a)

Na području grada Zagreba kao najvećeg grada nalazi se veliki broj raznih ugostiteljskih objekata i dućana u kojima se mogu distribuirati gotovi proizvodi pogona pivovare. Planiranje takvog pogona doprinijet će ekonomskoj situaciji u Zagrebu pružiti mogućnost zapošljavanja određenog broja ljudi. Geografski položaj grada Zagreba prikazan je na slici 2.

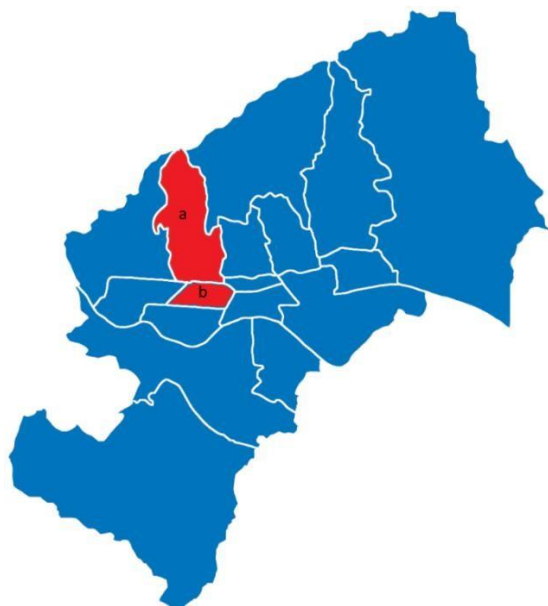


**Slika 2.** Geografski položaj Grada Zagreba u Republici Hrvatskoj (GZ, 2022a)

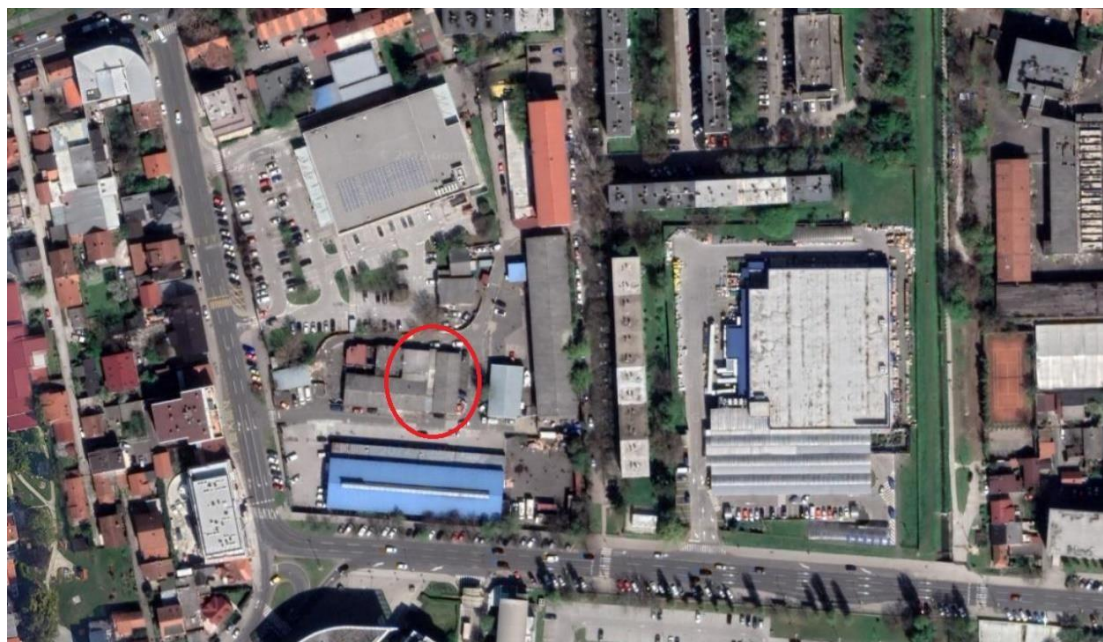
### .3.2. Analiza mikrolokacije

Planirana mikrolokacija smještena je između kvartova Črnomerec i Trešnjevka-sjever grada Zagreba. Oni obuhvaćaju više od 30 km<sup>2</sup> površine grada Zagreba. Jedna od najvažnijih grana gospodarstva u gradu Zagrebu je industrija hrane, a Zagreb je sam po sebi međunarodno trgovinsko i poslovno središte. Črnomerec je tradicionalni dio grada i obuhvaća urbani dio uz Ilicu te gradska naselja na obroncima Medvednice kao što su Šestinski dol, Sveti Duh, Bijelnik, Lukšići, Mikulići i Frateršica i dijelovi Kustošije. Glavna prometnica je kroz područje četvrti Ilice odnosno dio Ilice gdje je jednosmjerna i povezanost javnog gradskog prijevoza na okretištu Črnomerec i centra grada (GZ, 2022b). Trešnjevka-sjever je gradska četvrt u gradu i

obuhvaća južni dio željezničke pruge, sjeverno od Ljubljanske/Zagrebačke avenije, a između Savske i Zagrebačke ceste. Kroz četvrt postoje izdvojena naselja Voltino naselje i Rudeš te prolazi napuštena trasa uskotračne željeznice Samoborčak (GZ, 2022c). Lokacija naselja prikazana je na slici 4 i 5.



**Slika 3.** Položaj gradske četvrti Čnomerec (a) i Trešnjevka-sjever (b) na zemljovidu grada Zagreba (GZ, 2022c)



**Slika 4.** Satelitski prikaz odabrane lokacije na područjima Čnomerec i Trešnjevka-sjever (preuzeti satelitski prikaz sa *google* karte)

### 3.3. ANALIZA SIROVINA

#### 3.3.1. Slad

Slad je proklijala žitarica koja se može rabiti u proizvodnji piva, viskija i drugih alkoholnih pića. Proizvodi se u kontroliranim uvjetima klijanjem zrna žitarice natopljena u vodi. Najviše se koristi ječam, ali mogu se koristiti pšenica, raž i zob. Proizvodnja slada temelji se na enzimskoj modifikaciji škroba zrnja žita na način da se zrna hidriraju u vodi pri čemu se oslobađaju, sintetiziraju i aktiviraju enzimi. Sušenjem zaustavljaju metabolički procesi i smanjuje udio vode. Osim podjele po sirovini slad možemo podijeliti i prema boji pa imamo svijetle sladove, karamelne sladove te tamne i pržene sladove (Šarić, 2020).

Sladovi koji se koristi u proizvodnji Drme:

- Marris Otter
- CaraAroma
- Crystal 50/60
- Black Malt

Sladovi koji se koriste u proizvodnji Purgera:

- Pilsner Malt
- Marris Otter
- Vienna malt
- Victory Malt

Ovi sladovi dolaze u natronskim vrećama po 1, 5 ili 25 kilograma ovisno o recepturi proizvoda i potražnji unutar pogona. Slad je unutar natronskih vreća u kontroliranoj atmosferi te prilikom otvaranja istih bilo bi poželjno da se sav slad iskoristi. Ako slad stoji na zraku dolazi do mogućnosti vezanja vlage iz okoline i kvarenja. Slad može stajati u skladištu na sobnoj temperaturi između 18-22 °C te njegov rok trajanja u zatvorenom i originalnom obliku prilikom ispravnog skladištenja može biti i do godinu dana.

### 3.3.2. Hmelj

Hmelj (lat. *Humulus lupulus*) je biljka penjačica iz porodice *Cannabaceae*, red *Rosales* koju pronalazimo na područjima sjeverne hemisfere te cvijeta u proljeće. Karakteriziraju je odvojenost muških i ženskih cvjetova te se češeri ženskih cvjetova koriste u pivarstvu. Hmelj ima izrazito veliki utjecaj na gorčinu, miris i aromu.

Hmelj koji se koristi za proizvodnju Drme:

- Chinook Hop
- CTZ Hop
- Centennial Hop

Hmelj koji se koristi za proizvodnju Purgera:

- Tettnang Hop
- Cascade Hop
- Simcoe Hop
- Citra Hop

Peleti hmelj dolaze u vrećama od plastike koje su od specijalnog materijala kako bi spriječile prodor zraka unutar vreće. Takve vreće mogu dolaziti u količinama od 100 g pa do 10 kilograma ovisno o potrebama recepture proizvoda. Bitno je naglasiti da se svi hmeljevi moraju čuvati na sniženim temperaturama zbog velike osjetljivosti na temperaturu te ispravnim skladištenjem na 4-6 °C produljuje se rok trajanja proizvoda.

### 3.3.3. Mikrobne kulture i kvasci

U pogonu za proizvodnju koristit će se 2 vrste kvasca:

#### 1. White Labs WLP090

White Labs WLP090 ili takozvani San Diego Super *Ale* Yeast je kvasac kojeg karakterizira dobra moć fermentacije i velika brzina provođenja procesa stvarajući neutralan okus i aromu. Također, karakterizira ga tolerantnost na povećani udio alkohola koji može nastati u mediju, a može iznositi 10 – 15 % ABV (eng. *Alcohol by Volume*). Ova vrsta kvasca fermentira pri 18–20 °C.

Dolazi u manjim pakiranjima od 100 g do 500 g, ovisno o potrebi recepture, te je bitno ispravno skladištenje mikroorganizma pri sniženim temperaturama u frižiderima ili skladištima na oko 4 °C.

## 2. Wyeast 1318

Wyeast 1318 ili takozvani London *Ale* III kvasac potječe iz tradicionalne londonske pivovare koja je izolirala kvasac koji daje specifične ugodne profile slada. Vrhunski soj kvasca koji proizvodi voćne i vrlo lagane note okusa u pivu. Karakterizira ga dobra tolerancija na alkohol koji može nastati u mediju u količini do 10 % ABV. Ova vrsta kvasca fermentira pri temperaturama između 18–23 °C. Također dolazi u manjim pakiranjima od 100 g pa do 500 g ovisno o potrebi recepture te je bitno ispravno skladištenje mikroorganizma pri sniženim temperaturama u frižiderima ili skladištima na oko 4 °C.

### 3.3.4. Voda

#### 3.3.4.1. Voda za kuhanje

Voda je osnovni sastojak piva te čini više od 90 % gotovog proizvoda. U pivarstvu izrazito je bitan kemijski i mikrobiološki sastav vode. Najčešći problem u vodi je prisutnost klora i sitnih krutih čestica koji se mogu uklanjati prije samog dolaska u sustav pogona korištenjem filtera, upotrebom reverzne osmoze ili aktivnog ugljena. Reverzna osmoza je složeni sustav kojim se mehanički i kemijski uklanjaju sitne čestice, nečistoće, ioni te biološki materijali (Alatiqi i sur., 1999). Ovisno o koncentraciji otopljenih mineralnih tvari vode dijelimo na meke, srednje, tvrde te se mekši tipovi koriste za proizvodnju svjetlijih piva dok tvrde za proizvodnju tamnijih. Mekše vode sadrže manje koncentracije otopljenih soli, specifično soli kalcija i soli magnezija. Tvrde vode sadrže visoke koncentracije soli, od kojih je najčešći kalcijev bikarbonat ili kalcijev sulfat (Punčochářová i sur., 2019). Tijekom procesiranja kalcij djeluje na pH sladovine, sudjeluje kao kofaktor u enzimskim reakcijama. Također ima ulogu u sedimentaciji pivskog kamenca i flokulaciji kvasca. Tablica 4 prikazuje smjernice za kvalitetu vode za kuhanje piva.

**Tablica 4.** Smjernice za kvalitetu vode za kuhanje (prema Bamforth, 2006)

	Mjerna jedinica	Raspon vrijednosti		Ciljana vrijednost
		Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	
pH		5	9,5	
Ca	mg/l	70	90	80
Mg	mg/l	0	10	
Na	mg/l	0	20	
HCO <sub>3</sub>	ppm CaCO <sub>3</sub>	10	50	25
Cl	mg/l	30	80	50
SO <sub>4</sub>	mg/l	30	150	100
NO <sub>3</sub>	mg/l	0	25	
SiO <sub>2</sub>	mg/l	0	25	
Rezidualni alkalitet	ppm CaCO <sub>3</sub>		20	<0
THM	µg/l	0	10	
Fe	mg/l	0	0,1	
Mn	mg/l	0	0,05	
NH <sub>4</sub>	mg/l	0	0,5	
NO <sub>2</sub>	mg/l	0	0,1	
BrO <sub>3</sub>	mg/l	0	0,01	
H <sub>2</sub> S	µg/l	0	5	
Mutnoća	NTU	0	0,5	

### 3.3.4.2. Voda za korištenje u pogonu

Voda koja se koristi u pogonu razlikuje se od vode koja se koristi za kuhanje piva. Vodu koja se koristi u pogonu dijelimo na filtriranu vodu, servisnu vodu, vodu za razrjeđivanje te vodu za bojlere. Minimalni zahtjevi za vodu koja se koristi u pogonu propisuju Europski standardi, World Health Organization, Food and Drug Administration. Filtrirana voda određenog standarda može se koristiti za čišćenje. Bitno je pratiti razinu klora u filtriranoj vodi kako bi se izbjegla korozija nehrđajućeg čelika. Servisna voda koristi se ugrijana za čišćenje unutar pogona kao što je vrući CIP (eng. *Clean In Place*) ili za ispiranje linije za punjenje i pakiranje po završetku. Voda za bojlere mora biti određene kvalitete, ne smije biti tvrda. Takva voda se odzračuje kako bi se postigao udio ispod 20 ppb (eng. *part per billion*) te se mora podešavati pH vrijednost dodatkom lužine, zatim dodatkom fosfata radi regulacije tvrdoće te natrijeva bisulfita radi kontrole udjela kisika (Bamforth, 2006). Tablica 5 prikazuje smjernice za kvalitetu filtrirane vode, dok tablica 6 prikazuje smjernice za kvalitetu servisne vode.

**Tablica 5.** Smjernica za kvalitetu filtrirane vode (*prema Bamforth, 2006*)

	Mjerna jedinica	Raspon	
		Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Ukupna tvrdoća	ppm CaCO <sub>3</sub>		
Ca	mg/L		
Mg	mg/L	0	10
Na	mg/L	0	200
HCO <sub>3</sub>	ppm CaCO <sub>3</sub>		

**Tablica 5.** Smjernica za kvalitetu filtrirane vode (prema Bamforth, 2006) - nastavak

Cl	mg/L	0	100
SO <sub>4</sub>	mg/L	0	250
NO <sub>3</sub>	mg/L	0	50
THM	µg/L	0	10
Fe	mg/L	0	0,1
Mn	mg/L	0	0,05
NH <sub>4</sub>	mg/L	0	0,5
NO <sub>2</sub>	mg/L	0	0,1
BrO <sub>3</sub>	mg/L	0	0,01
H <sub>2</sub> S	µg/L	0	5
SiO <sub>2</sub>	mg/L		

**Tablica 6.** Smjernica za kvalitetu servisne vode (prema Bamforth, 2006)

	Mjerna jedinica	Raspon	
		Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Ukupna tvrdoća	ppm CaCO <sub>3</sub>	50	90
Ca	mg/L		
Mg	mg/L		
Na	mg/L	0	200
HCO <sub>3</sub>	ppm CaCO <sub>3</sub>		
Cl	mg/L	0	50
SO <sub>4</sub>	mg/L	0	250
NO <sub>3</sub>	mg/L	0	50
THM	µg/L	0	10
Fe	mg/L	0	0,1
Mn	mg/L	0	0,05
NH <sub>4</sub>	mg/L	0	0,5
NO <sub>2</sub>	mg/L	0	0,1
BrO <sub>3</sub>	mg/L	0	0,01
H <sub>2</sub> S	µg/L	0	5
SiO <sub>2</sub>	mg/L		



### 3.4. ANALIZA GOTOVIH PROIZVODA

#### 3.4.1. Pivo Drma

Pivo Drma spada u skupinu „Hoppy-Red Ale“ piva odnosno hmeljasta piva crvene boje. Piva sadrži 6 % alkohola te njezina IBU vrijednost iznosi 38. To je bogato crveno pivo, sa ugodnom gorčinom te blagim notama kave, karamele i crne čokolade. Takva arome u skladu su sa punoćom sladnog okusa i arome hmelja Styrian Golding. Prodajna cijena proizvoda je 11 kuna na 0,5 L proizvoda te bi se prodavao u metalnim spremnicima volumena 20 L.

#### 3.4.2. Pivo Purger

Piva Purger spada u skupinu „Blonde Ale“ piva odnosno piva svjetlije, žutkaste boje. Ovo pivo sadrži 5 % alkohola i njezina IBU vrijednost iznosi 25. Pivo je zlatne boje, blage gorčine i ugodne arome plemenitih europskih hmeljeva. Prodajna cijena proizvoda je 11 kuna na 0,5 L proizvoda te bi se prodavao u metalnim spremnicima volumena 20 L.

#### 3.4.3. Ambalaža za proizvode

Bačve su napravljene od nehrđajućeg čelika tipa KEG-20 DIN koje su opremljene s odgovarajućim glavama za punjenje (slika 5). Bačve za pivo se proizvode prema normi DIN 6647-1. Prazni kegovi su težine 8,5 kg bez spojnice, imaju mogućnost naslagivanja (eng. *stacking*) jednana drugu te se na taj način može uštedjeti prostor u pogonu 2 ili 3 puta.

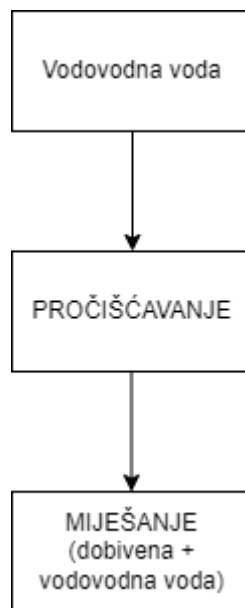


**Slika 5.** Metalna ambalaža za proizvod kapaciteta 20 L (CZB, 2022a)

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

U sljedećem poglavlju prikazani su detaljni opisi tehnoloških procesa za planirane proizvode uključujući blok sheme, definirane materijalne i energetske bilance, predložen popis uređaja i opreme, popis prostorija, potrebna radna snaga, tlocrtni prikaz planiranog pogona te položaj naodabranoj lokaciji.

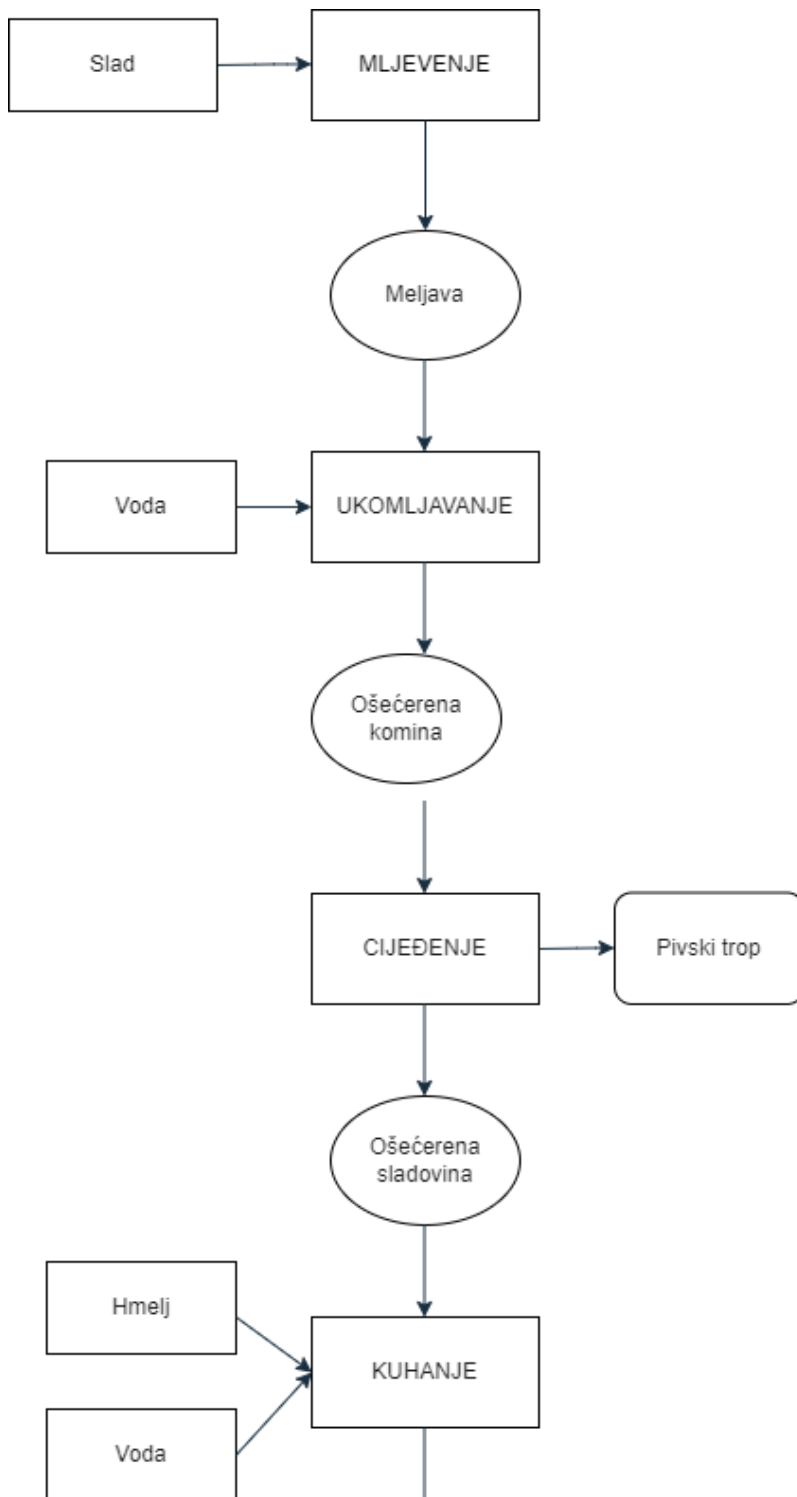
### 4.1. BLOK SHEMA OBRADJE VODE



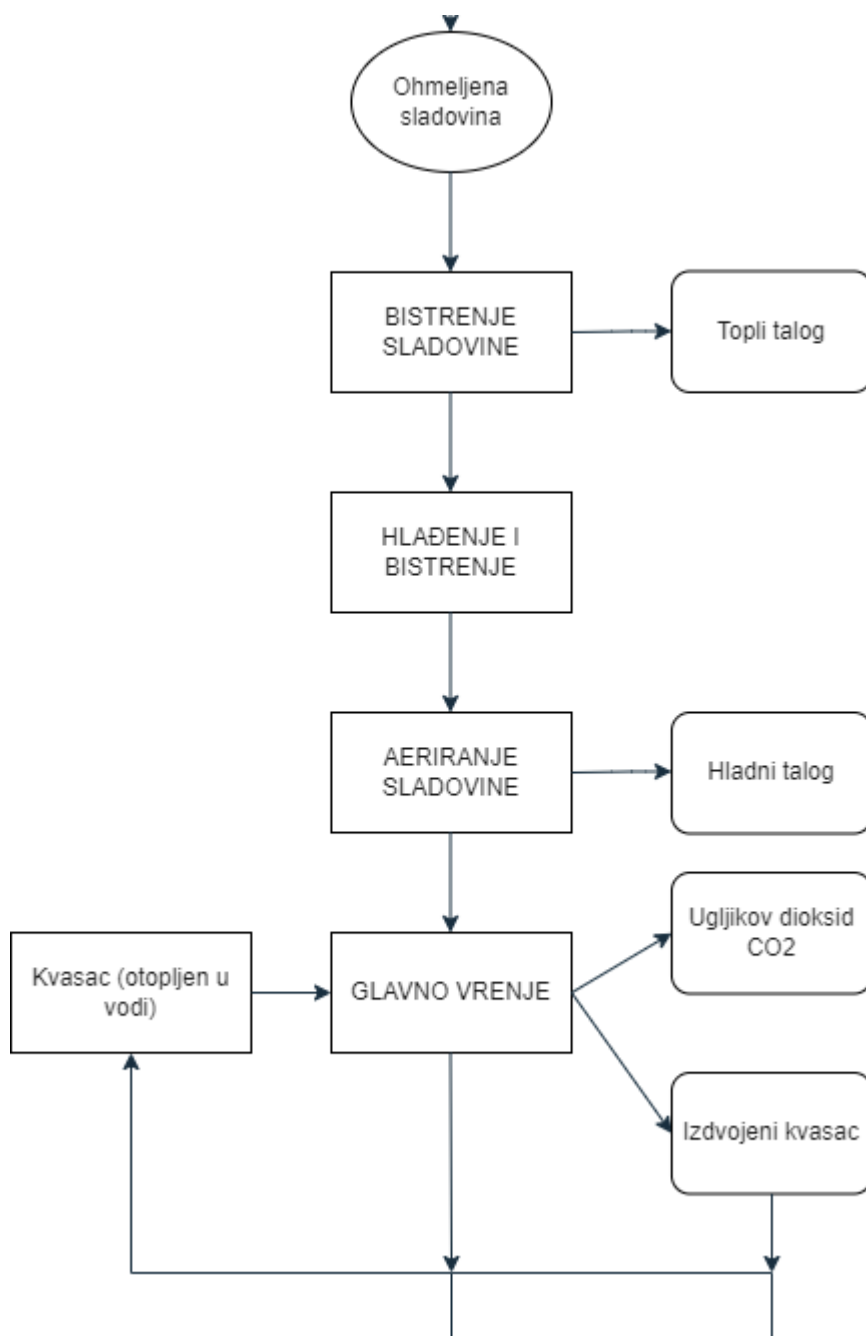
**Slika 6.** Blok shema obrade vode (vlastiti prikaz)

Na slici 6 prikazana je shema obrade vode u pogonu u kojoj se voda pročišćava i prilagođava potrebama proizvodnje piva. Obrada vode se vrši pomoću WTS-30 sustava čija uloga je uklanjanje rezidualnog klora te pročišćavanje pomoću aktivnog ugljena.

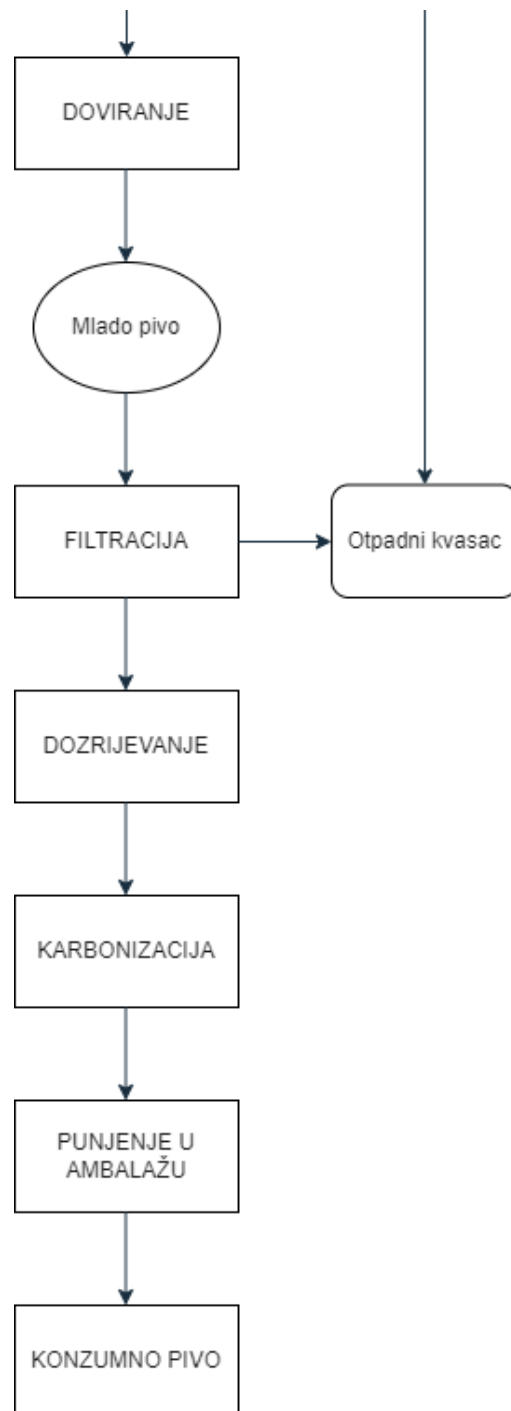
## 4.2. BLOK SHEMA PROIZVODNJE PIVA



Slika 7. Blok shema proizvodnje piva (vlastiti prikaz)



**Slika 7.** Blok shema proizvodnje piva - *nastavak* (vlastiti prikaz, nastavak)



**Slika 7.** Blok shema proizvodnje piva - *nastavak* (vlastiti prikaz, nastavak)

Na slikama 6 i 7 možemo vidjeti cjelokupni proces proizvodnje piva.

Na slici 7 prikazan je cjelokupni proces proizvodnje piva zajedno sa svim sirovinama i nusproduktima proizvodnje te konačan proizvod koji nastaje na kraju procesa.

### **4.3. OPIS TEHNOLOŠKIH PROCESA**

#### **4.3.1. Prijem sirovine**

Sirovine potrebne za proizvodnju piva su voda, slad, hmelj i kvasac. Voda dolazi iz javnog vodovoda grada u kojem se nalazi pogon te se takva voda pročišćuje i filtrira kako bi dobili željenu kvalitetu. Slad dolazi u patronskim vrećama različitih težina od 5 kg, 10 kg, 25 kg. Slad se kupuje u specijalnim dućanima za distribuciju sirovina i opreme u industriji piva te od različitih dobavljača izvan zemlje. Hmelj se koristi u manjim količinama u odnosu na slad pa je pakiran u višeslojnim plastičnim vrećama različitih težina - 1 kg, 2 kg, 5 kg. Hmelj je osjetljiva sirovina te ga je potrebno skladištiti pri sniženim temperaturama u frižiderima ili hladnjačama. Kvasac kao mikroorganizam pronalazimo također u specijalnim dućanima za distribuciju opreme u industriji piva te dolazi u papirnatim pakiranjima od 100 g i 500 g te je potrebno ispravno ga skladištiti pod sniženim temperaturama prije upotrebe. Pošto se sve sirovine otkupljuju od drugih proizvođača garantirana je kvaliteta svih sirovina.

#### **4.3.2. Mljevenje slada**

Mljevenje je mehanički proces usitnjavanja slada u kojem se lome zrna slada na određene dimenzije te se takvim mehaničkim oštećenjima zrna povećava dostupnost fermentabilnih šećera kvascima u procesima fermentacije. Mljevenje se najčešće odvija na mlinovima s valjcima te se na taj način dobiva meljava. Mljevenjem se povećava usitnjenost zrna te se povećava prinos pivske sladovine, ali je moguće otežano bistrenje iste (De Moura i Mathias, 2018).

#### **4.3.3. Ukomljavanje**

Ukomljavanje je proces koji će se odvijati u jednoj od 3 posude koji čine takozvani „*brewhouse*“ odnosno uređaj za proizvodnju piva. U takvom procesu dodaje se usitnjeni slad u posudu te se dodaje topla, dekarbonizirana, meka voda. Cijela smjesa, koja se sada naziva komina, se postupno zagrijava sa 35 °C do 75 °C pri čemu će se zadržavati na određenim temperaturama koje su optimalne za djelovanje prirodno prisutnih enzima u sladu kao što su alfa- i beta-amilaze te proteaze.

Proteaze najbolje djeluju na temperaturama od 45-55 °C u trajanju od 40-60 minuta te se zatim povisuje temperatura do 62-65 °C u trajanju od 30-45 minuta kako bi djelovala beta-amilaza i nastao šećer maltoza. Povišenje temperature do 70-75 °C optimalno je za alfa-amilazu te će se zadržavati 30-45 minuta kako bi se odvijalo potpuno ošećerenje. Tijekom procesa ukomljavanja dolazi do hidrolize škroba pri čemu nastaju fermentabilni šećeri koji služe kao osnova za alkoholnu fermentaciju odnosno nastaje ošećerena komina. Također, zbog povišenih temperatura dolazi do djelomične razgradnje proteina, masnih kiselina i fosfata te ishlapljivanjem određenih aroma (Bamforth, 2006).

#### 4.3.4. Razdvajanje/cijeđenje ošećerene sladovine

Nakon ukomljavanja potrebno je izdvojiti sladovinu iz ošećerene komine u filteru. Takvim procesom dobivamo ošećerenu sladovinu i pivski trop. Pivski trop se treba u što većoj mjeri izdvojiti iz sladovine i to se odvija u cjednjaku koji se sastoji od perforiranog dna kroz koji prolazi sladovina a pivski trop se zadržava. Dobivena sladovina se sastoji od prvijenca i naknadnih naljeva koji se dobiju dodatnim ispiranjem sadržaja cjednjaka sa toplom vodom. Sam cjednjak osim perforiranog dna ima i „metlice“ čija je uloga da kružnim okretanjem i uranjanjem u pivski trop pospješuju separaciju sladovine i tropa. Cijeli sustav je napravljen od nehrđajućeg čelika (Bamforth, 2006).

#### 4.3.5. Kuhanje sladovine

Kuhanje sladovine provodi se u kotlu za kuhanje. Prije početka kuhanja dodaju se ostali sastojci kao što su hmelj, čija je uloga da daje gorčinu pivu, te voda kako bi se povećao volumen. Kako bi se ekstrahiralo što više komponenti arome iz hmelja koristi se hmelj u obliku peleta te veliki utjecaj u kuhanju ima pH sladovine. Hmelj doprinosi gorčini i hmeljastom okusu piva, ali i pojačava formaciju i stabilnost pjene. Potreban raspon pH vrijednosti za uspješnu ekstrakciju mora biti između 5,8 - 5,9 te ukoliko nije u tom rasponu dodaju se kiseline kako bi se podesila pH vrijednost. Niže pH vrijednosti daju bolju gorčinu i sprječavaju rast mikroorganizama (Parker, 2012). U procesu kuhanja odvijaju se procesi kao što su izomerizacija hmelja, denaturacija i flokulacija proteina, sterilizacija, enzimska inaktivacija te se formiraju senzorska svojstva i dolazi do koncentriranja uslijed isparavanja (Bamforth, 2006). Kuhanje se odvija u periodu od 60 do 70 minuta ovisno o vrsti piva te se temperature u tom vremenskom okviru mijenjaju za nekoliko stupnjeva. U prvoj fazi kuha se na 100 °C kroz 10 minuta, zatim slijedi blago povišenje do 102-104 °C te ta faza traje 15 minuta i slijedi ponovno spuštanje temperature na 100 °C te se kuhanje



provodi dodatnih 10-15 minuta.

Ključni korak u procesu kuhanja je pretvorba alfa kiselina u izo-alfa kiseline kako bi se postigla željena gorčina te najbitnija pretvorba je pretvorba humulona u izohumulon (Eyres i Dufour, 2009).

#### 4.3.6. Bistrenje, hlađenje i aeracija sladovine

Procesom kuhanja dolazi do denaturacije proteina koji formiraju proteinske pahulje čiji je promjer čestica između 30 i 80  $\mu\text{m}$  i one predstavljaju topli talog. Talog proteinskih pahulja se može ukloniti upotrebom trećeg dijela „*brewhouse*“-a, a to je vrtložni taložnik odnosno „*whirlpool*“. Princip razdvajanja u vrtložnom taložniku je jednostavan te se bazira na razlici specifičnih masa taloga i sladovine. Uklanjanje taloga je bitna i nužna faza u proizvodnji piva jer bi zaostale čestice povećale udio taloga u konačnom proizvodu te bi otežale proces filtriranja. Nakon vrtložnog taložnika sladovina putuje do spremnika gdje će se odvijati fermentacija ali se pritom i hladi na temperature fermentacije. Korak hlađenja sladovine odvija se na pločastom izmjenjivaču topline, a njegova uloga je da snizi temperaturu sladovine na temperaturu gdje je moguće nacijepiti kvasac. Sladovina se i dalje filtrira i uklanja se proteinski talog te se bistra sladovina aerira pomoću venturijeve cijevi kako bi se osigurao kisik potreban za rast i razvoj kvasca (Bamforth, 2006).

#### 4.3.7. Fermentacija i doviranje

Fermentacija je proces koji se provodi u 2 koraka, a to su glavno vrenje i doviranje odnosno naknadno vrenje. Proces fermentacije odvija se u anaerobnim uvjetima s ciljem dobivanja alkohola. U uvjetima bez kisika ( $\text{O}_2$ ) i prisutnosti enzima dolazi do pretvorbe piruvata do acetaldehida te konačno do etanola i ugljikovog dioksida. Glavno vrenje traje između 6-8 dana pri čemu se reguliraju uvjeti fermentacije kao što je temperatura i tlak. Na brzinu i kvalitetu fermentacije utječe i soj kvasca, fiziološko stanje kvasca u suspenziji, masa kvasca, raspoloživa koncentracija otopljenog kisika, raspodjela kvasca unutar sladovine, sastav i pH sladovine. Doviranje je opcionalan proces što znači da se može i ne mora provoditi pri fermentaciji piva. Ovaj proces traje oko 3 tjedna pri čemu su temperature snižene na 0 do 1  $^{\circ}\text{C}$  uz povišeni tlak na 1,5 bara. Cilj naknadnog vrenja je taloženje kvašćevih stanica, poboljšanje koloidne stabilnosti taloženjem tanin-protein kompleksa, zasićenje piva sa  $\text{CO}_2$ , uklanjanje nepoželjnih aroma, fermentiranje ostalog šećera, poboljšanje stabilnosti pjene, podešavanje boje i gorčine piva.

#### 4.3.8. Bistrenje/ Filtracija

Bistrenje i filtracija su procesi kojima se uklanjaju istaložene tvari kao što su tanin-protein kompleksi, stanice kvasca, hmelj te drugi koloidi. Cilj filtracije je dobivanje stabilnog piva, a provodi se na principu razlike tlakova na ulazu i izlazu filtera, razlici u veličini čestica te promjera pora filtera. Filtracija može biti površinska i dubinska. Površinska filtracija se temelji na principu da su pore filterskog sloja manje od promjera čestica te na takav način dolazi do nakupljanja čestica na površini filtera. Debljina sloja i oštrina filtracije raste dok se protok smanjuje. Dubinska filtracija temelji se na principu da je filterski sloj građen od velike površine u obliku labirinta, a veličina pora varira u odnosu na veličinu čestica (Reed, 1986).

#### 4.3.9. Karbonizacija

Karbonizacija je proces u proizvodnji u kojoj se pivo podvrgava korekcijama koncentracije CO<sub>2</sub> radi postizanja željenih organoleptičkih svojstava proizvoda. Karbonizacija je postupak u kojem se zasićuje pivo sa CO<sub>2</sub> u tanku pod povišenim tlakom i sniženom temperaturom. Pod takvim uvjetima bolja je topljivost plinova i mora sadržavati više od 4 g/L ugljikovog dioksida.

#### 4.3.10. Punjenje, pakiranje i skladištenje

Nakon što se završe svi koraci u proizvodnji piva, takav proizvod je spreman za punjenje i distribuciju. Pakiranje i punjenje piva čini većinu troškova prilikom proizvodnje piva te ambalaža ima važnu ulogu u zaštiti proizvoda od kontaminanata, produljenju roka trajnosti i privlačenju potrošača. Piva se može puniti u staklene boce i u kegove različitih veličina. Prema željama investitora većina proizvoda će biti punjena u kegove od 20 L. Keg ambalaža je metalna bačva načinjena od nehrđajućeg čelika s otvorom na vrhu koja ima ugrađenu armaturu za punjenje, pražnjenje, pranje i sterilizaciju. Ambalaža se prethodno mora oprati, sterilizirati i očistiti od mogućih nečistoća, kontaminanata i mikroorganizama. Proces punjenja je izrazito jednostavan, tank pod povišenim tlakom potiskuje pivo iz tanka u ambalažu. Takav sustav punjenja je zatvoren i nema kontakta s kisikom. Napunjeni kegovi se slažu na paletu te se označavaju s etiketom, postavljaju se poklopci i skladište u hladnjači na sniženim temperaturama od 2-5 °C do trenutka distribucije.

#### 4.3.11. Rješenje za nusprodukte proizvodnje piva

Tijekom proizvodnje piva neki od glavnih zagađivača okoliša su nusprodukti procesa proizvodnje kao što je CO<sub>2</sub>, otpadna voda obogaćena kemikalijama i nečistoćama te kvasac i pivski trop. Kako bi smanjili utjecaj na okoliš mogu se uvesti dodatni procesi obrade takvih nusprodukata. Jedan od najvećih zagađivača okoliša je CO<sub>2</sub> koji nastaje u velikim količinama kao produkt anaerobne fermentacije piva u spremnicima za fermentaciju. Tijekom fermentacije ugljikov dioksid se konstantno otpušta iz tanka u okoliš te je potrebno imati određen sustav ventiliranja pogona ili kantu vode u kojoj se ugljikov dioksid otpušta pri čemu se takva voda djelomično karbonizira. U današnje vrijeme tehnologija je napredovala do razine da se otpušteni ugljikov dioksid iz spremnika može rekuperirati, pročistiti i skladištiti te po potrebi ponovno koristiti unutar istog pogona. Takva tehnologija je izrazito skupa i nije isplativa u malim *craft* pivovarama kao što je lokalna *craft* pivovara. Voda koja se koristi za čišćenje sustava i pranje pogona postaje otpadna voda te u sebi sadrži veliku količinu kemikalija i nečistoća. Na takvim tehnološkim otpadnim vodama može se vršiti predtretman djelomičnog pročišćavanja vode i izjednačavanje pH vrijednosti i vrijednosti organskih tvari. Dobiveni pivski trop filtrira se i stavlja se u spremnike za pivski trop te se prodaje kao voluminozna stočna hrana. Nakon završene fermentacije pivo se filtrira na filter prešama ili centrifugama te se razdvajaju na pročišćeno i djelomično karbonizirano pivo i smjesu otpada kao što je kvasac, hmelj i sl. Kvasac koji zauzima najveći udio u takvoj smjesi se može filtrirati, pročistiti, osušiti i samljati te koristiti kao dodatak prehrani jer je obogaćen proteinima, vlaknima i vitaminima (Romic i sur., 2012).

#### 4.4. POPIS UREĐAJA I OPREME

Popisi tehnoloških uređaja i transportne opreme za proizvodnju piva prikazani su u tablicama 7, 8 i 9. Uređaji i oprema odabrani su prema zadanom kapacitetu proizvodnje i u skladu sa potrebama proizvodnje.

**Tablica 7.** Popis uređaja i opreme za proizvodnju piva

POZICIJA	UREĐAJ	KAPACITET	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina/ promjer x visina) [mm]
1.1.	Mlin za slad MMR-100	700 kg/sat	1	Priprema i usitnjavanje slada	1100 x 1523 x 840 mm
1.2.	Aparat za kuhanje piva	600 L	1	Proizvodnja sladovine i piva	Spremnik za proces vrenja sladovine- Promjer- 1100 mm i visina 1680 mm Spremnik za odvajanje hmelja od sladovine- Promjer- 900 mm i visina 1565 mm Aparat za kuhanje- 3450 x 2250 x 1400 mm
1.3.	Centrifugalna pumpa	110 L/min	2	Transport tekućina unutar pogona	690 x 925 x 435 mm
1.4.	Izmjenjivač topline	500 L/sat	1	Precizno hlađenje kuhane sladovine na temperaturu fermentacije	400 x 1200 x 280 mm
1.5.	Fermentacijski spremnik	1200 L	3	Fermentacija, sazrijevanje, skladištenje, filtriranje piva	1100 x 3176 mm
1.6.	Kompaktni hladnjak	35 L glikol 20kg ledena banka	1	Hlađenje i regulacija temperature fermentacijskih spremnika	420 x 520 x 930 mm
1.7.	Mobilni pločasti filter	S 10 ploča- 200 L/ sat	1	Filtriranje piva	460 x 670 x 850 mm
1.8.	Sustav pročišćavanja vode	2000L / h	1	Pročišćavanje vode s aktivnim ugljenom	257 x 1400 mm

**Tablica 7.** Popis uređaja i opreme za proizvodnju piva - *nastavak*

1.9.	Generator pare	7 kg/ sat	1	Proizvodnja pare za korištenje za zagrijavanje toplog tanka ili sustav za punjenje kegova	520 x 540 x 990 mm
1.10	Stroj za ispiranje i punjenje kegova	7-10 kegova/ sat	1	Ispiranje, sterilizacija i punjenje kegova	1200 x 1900 x 800 mm
1.11.	Kompresor zraka	11.7 m <sup>3</sup> / sat	1	Sigurna filtracija zraka, pranje i punjenje piva	580 x 340 x 620 mm
1.12.	Topli tank	500 L	1	Spremnik tople vode za korištenje unutar pogona	800 x 1450 mm
1.13.	Hladni tank	500 L	1	Spremnik hladne vode za korištenje unutar pogona	800 x 1450 mm
1.14.	Uređaj za hlađenje	47 m <sup>3</sup> / sat	1	Uređaj za hlađenje u skladištu	Kondenzator- 960 x 1200 x 1200 mm Izmjenjivač topline- 190 x 608 x 754 mm
1.15.	Mobilni sustav za čišćenje	200 L	1	Mobilni CIP sustav za čišćenje i sanaciju u pogonu	1150 x 1850 x 750 mm

**Tablica 8. Popis ostale opreme u pogonu**

POZICIJA	UREĐAJ	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina / promjer x visina) [mm]
2.1.	John Guest sustav	2-4	Sustav za prijenos tekućina i plinova	24 x 1000
2.2.	Ljestve za tankove	1	Olakšan pristup tankovima	3600
2.3.	Razdjelnik crijeva za piće	2	Olakšano punjenje pivske sladovine u spremnik za fermentaciju	-
2.4.	Pištolj za vodu	2	Olakšano čišćenje unutar pogona	-
2.5.	Prehrambeno crijevo 5 m	1	Prijenos tekućina u pogonu	5000
2.6.	Prehrambeno crijevo 10 m	1	Prijenos tekućina u pogonu	10000
2.7.	Stezaljke za crijeva	6-10	Stezanje crijeva za otvore tankova	Promjer 50,5
2.8.	Brtva	6-10	Sprječava curenje tekućina između dva otvora	Promjer 50,5
2.9.	Električni viličar	2	Transport paleta unutar skladišta	1540 x 550 x 1120 (kapacitet - 1500 kg)

Uređaji za transport dijeli se u dvije skupine, a to su uređaji koji se koriste za vanjski transport i za unutarnji transport. Unutarnji transport obuhvaća kretanje materijala unutar pogona kao što su cijevi, pumpe, električni viličari i sl. Vanjski transport obuhvaća dolazak sirovina u pogon te izvoz proizvoda iz pogona te tu spadaju dostavna vozila i kamioni.

**Tablica 9.** Popis uređaja za precizna mjerenja i obradu podataka

UREĐAJI	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina) [mm]
Vaga SKALA SKY	1	Precizno vaganje i doziranje	245 x 147 x 175
Svjetlosni mikroskop Bresser BioDiscover	1	Analiza kvasca korištenih u proizvodnji	-
pH metar	1	Analiza pH vrijednosti u pogonu	86 x 40
Uređaj za kontrolu čistoće „hygiene EnSURE Touch“	1	Sustav za skupljanje i analizu uzoraka te ocjenjivanje čistoće pogona	-
Printer etiketa Mikel Mach 2 sa LCD zaslonom	1	Ispis etiketa do 108 mm veličine za označavanje proizvoda	-
Laptop	1	Sakupljanje i analiza podataka te mogućnost povezivanja sa SMART uređajima u pogonu	-

#### 4.4.1. Materijalna i energetska bilanca

Prikaz izračuna materijalne bilance za dobivanje 550 L proizvoda.

Za proizvodnju koristimo:

- Voda- 650 litara
- Slad- 115 kilograma
- Hmelj- 880 grama
- Kvasac- 300 grama

Završetkom fermentacije, piva se filtrira te se dobiva talog čestica u iznosu od 20 litara. Dodatnim pročišćavanjem i pripremom za punjenje dobivamo proizvod od 500 litara.

Gotov proizvod se puni u metalne kebove od 20 litara, koji su prethodno oprani i sterilizirani.

Iz 500 litara proizvoda mogu se dobiti 25 metalnih kegova koji se skladište na sniženim temperaturama do trenutka distribucije.

Tablica 10 prikazuje materijalnu bilancu na tjednoj i mjesečnoj bazi.

**Tablica 10.** Tablični prikaz ulaza sirovine i izlaznih proizvoda na tjednoj i mjesečnoj bazi

TJEDNI ULAZ	TJEDNA PROIZVODNJA	AMBALAŽA	MJESEČNA PROIZVODNJA	AMBALAŽA
Voda- 1300 kg Slad- 230 kg Hmelj- 1.76 kg Kvasac- 600 g	Svaka 2 tjedna se može kuhat 3 puta- 1500 litara	75 metalnih kegova od 20 litara	U 4 tjedna kuha se 6 puta	150 metalnih kegova od 20 litara



#### 4.4.2. Uređaji

##### A. MLIN ZA SLAD MMR-100

Mlin za valjke MMR-100 je uređaj napravljen za drobljenje zrna (slika 8). Ovaj model preporučuje se za mikropivovare zapremine pivare do 1500 litara. Stroj se proizvodi od 1993. te je ispitan i odobren od strane Državnog laboratorija za ispitivanje strojeva za obradu poljoprivrednih, šumskih i prehrambenih proizvoda sukladno zakonu 30/1968 o ispitivanju stanja. Pogonski valjak čvrsto je sastavljen u ležajeve i pokreće ga elektromotor s klinastim remenima snage 2,2 kW, 400 V, 50 Hz. Drugi valjak sastavljen je u kliznoj vodilici te valjci imaju suprotan smjer vrtnje. U donjem dijelu kućišta nalazi se uređaj kojeg pokreće elektromotor za postavljanje vrećica.



**Slika 8.** Mlin za slad MMR-100 (CZB, 2022b)

## B. APARAT ZA KUHANJE PIVA BREWORX LITE-ECO 600

Breworx lite-eco 600 (slika 9) je kompaktni stroj za hranu koji uključuje svu potrebnu opremu za proizvodnju 600 litara piva u jednoj seriji iz ekstrakta slada. Karakterizira ga jednostavnost upotrebe i proizvodnje sladovine, lako postizanje kvalitete piva, velike uštede u radu i energiji, niža prodajna cijena u odnosu na konkurenciju te brži povrat ulaganja.



**Slika 9.** Aparat za kuhanje piva Breworx Lite-Eco 600 (CZB, 2022c)

### C. MOBILNA CENTRIFUGALNA PUMPA MP-75

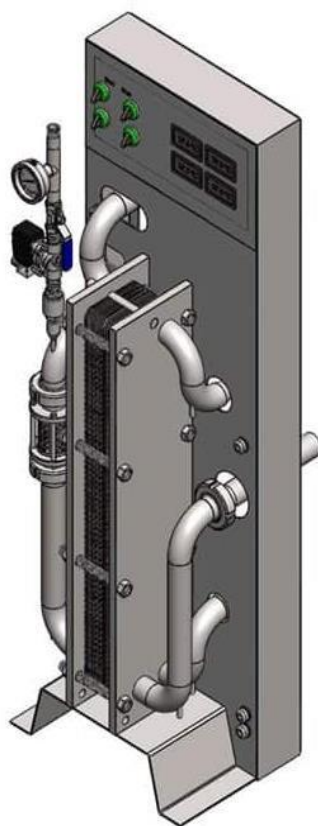
Prijenosna centrifugalna pumpa od nehrđajućeg čelika snage 750 W (slika 10). Koristi se za prijenos pićau pogonu, ali i za čišćenje i dezinficiranje spremnika i cijevi. Maksimalni raspon protoka je 110L/min, tlak od 8 bara te temperatura tekućine do 60 °C.



**Slika 10.** Mobilna centrifugalna pumpa MP-75 (CZB, 2022d)

#### D. IZMJENJIVAČ TOPLINE WCASB-500

Kompaktan hladnjak i sustav za prozračivanje sladovine (slika 11) s kapacitetom od 500 L sladovine u sat vremena. Dvofazni tablični izmjenjivač topline namijenjen hlađenju sladovine od 98 °C do 7 °C korištenjem vode od 15 °C i 1 °C prije početka postupka fermentacije piva. Izmjenjivač topline ploče i svijeća za prozračivanje pričvršćeni su na ploču od nehrđajućeg čelika koja je opremljena sensorima temperature i digitalnim zaslonom. Temperaturni senzori omogućuju precizno podešavanje protoka medija.



**Slika 11.** Izmjenjivač topline WCASB-500 (CZB, 2022e)

## E. FERMENTACIJSKI SPREMNİK CCTM-1200

CCTM-1200 je konfigurirani modularni cilindrično-konični fermentacijski spremnik (slika 12). Ovaj spremnik ima efektivnu zapreminu od 1200 litara dok ukupna iznosi 1473 litara. Ovaj spremnik dizajniran je za fermentaciju, sazrijevanje, skladištenje, filtriranje i flaširanje piva. Napravljen je od nehrđajućeg čelika hrane AISI 304.



**Slika 12.** Fermentacijski spremnik CCTM-1200 (CZB, 2022f)

## F. KOMPAKTNI HLADNJAK CLC-4P2300

CLC-4P2300 je kompaktni hladnjak vode ili glikola s integriranim kondenzatorom (slika 13). Ovaj uređaj dizajniran je za neovisno hlađenje do četiri spremnika za pivo. Snaga hlađenja je 2300 W. Stroj je opremljen sa pet digitalnih termostata i četiri vodene pumpe. Ističe se jedinstvenim dizajnom, pouzdanosti, performansama, jednostavnim radom i jednostavnim pristupom tijekom servisnih operacija. Materijali korišteni za proizvodnju uređaja zadovoljavaju najviše standarde higijene i jamči siguran i dug rad uređaja.



**Slika 13.** Kompaktni hladnjak CLC-4P2300 (CZB, 2022g)

## G. MOBILNI PLOČASTI FILTER PLF-SSP2020

Poluprofesionalni pločasti filter za filtriranje piva (slika 14). Sadrži snažnu centrifugalnu tlačnu pumpu od nehrđajućeg čelika, mobilni okvir od nehrđajućeg čelika, držači filtera i potrebni priključnidijelovi kao što su PVC crijeva. Ovaj sustav filtracije uključuje upotrebu slojeva filtera kartona koji su postavljeni između ploča s okvirima izrađenim od nehrđajućeg čelika. Snaga pumpe je 0,5 konjskih snaga i najveća brzina okretaja je 2850 okretaja u minuti s maksimalnim protokom od 200 litara po satu.



**Slika 14.** Mobilni pločasti filter PLF-SSP2020 (CZB, 2022h)

## H. SUSTAV OBRADJE VODE WTS-30

WTS-30 je sustav za pročišćavanje vode (slika 15) koji uključuje dekloriranje vode s filterom pomoću aktivnog ugljena. Potpuno je automatizirani filter koji se koristi za uklanjanje tvari organskog podrijetla i određenih anorganskih tvari kao što su klor, pesticidi i teški metali. Sustav uklanja i neugodne mirise i poboljšava okus vode. Protok ovakvog sustava je do 2000 litara na sat. Uređaj se sastoji od tlačne posude izrađene od polietilena i staklenih vlakana te kontrolnog ventila. Rad uređaja regulira elektronički sustav najnovije tehnologije, MULTI-P, sustav mikroprocesora osigurava rad s malim naponom od 12 V.



**Slika 15.** Sustav obrade vode WTS-30 (CZB, 2022i)



## I. GENRATOR PARE ESG-7C

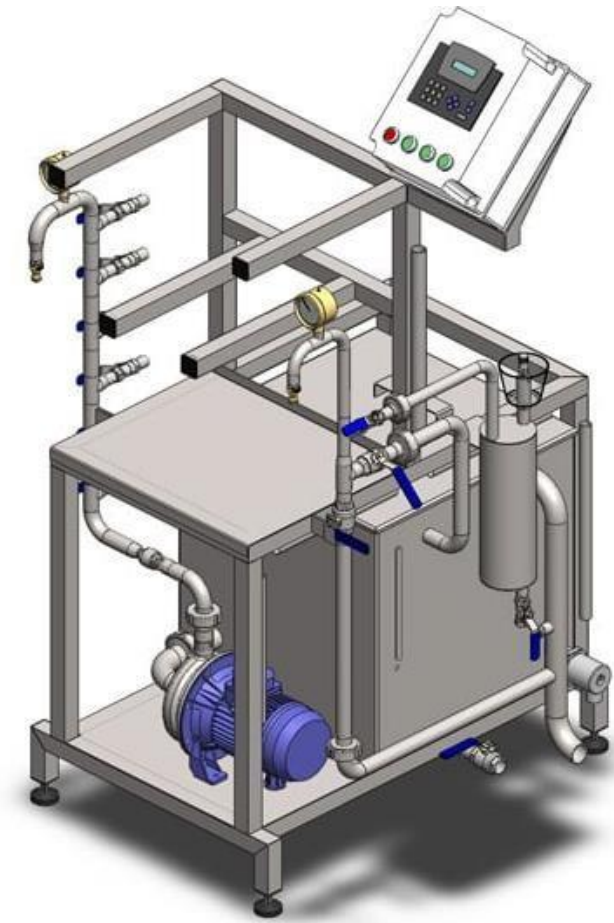
ESG-7C je električni i automatski parni generator od 4 kW (slika 16). Voda može biti direktno priključena iz vodovoda ili kondenzat. Radni tlak pare je 3,5 bara te je kućište generatora pare u skladu s važećim PED propisima. Snaga od 4 kW omogućuje proizvodnju do 7 kg vruće pare na sat kojase može koristiti za sterilizaciju bačvi, boca te cijevi i opreme za hranu.



**Slika 16.** Generator pare ESG-7C (CZB, 2022j)

## J. STROJ ZA RUČNO ISPIRANJE I PUNJENJE KEGOVA KCM-10

KCM-10 (slika 17) je višenamjenski sustav koji sadrži uređaj za ispiranje kegova od nehrđajućeg čelika i punjenje karboniziranih pića kao što je pivo. Stroj je dizajniran za čišćenje i punjenje kegova volumena od 15 do 50 litara te ima kapacitet od 7 kegova po satu ako se provode svi ciklusi u uređaju kao što su ispiranje, sanitacija i punjenje.



**Slika 17.** Sustav za ručno pranje i punjenje kegova KCM-10 (CZB, 2022k)

## K. KOMPRESOR ZRAKA ACO-12M

Zračni kompresor ACO-12M (slika 18) je kompresor bez ulja, ali koristi zračni filtar. Koristi se za sigurnu filtraciju zraka te punjenje piva bez opasnosti od kontaminanta koji se nalaze u okolnom zraku. Sastoji se od posude od 23 litre te odvoda za kondenzat iz rezervoara, manometra na spremniku, sigurnosnog ventila te automatskog sustava kontrole. Snaga motora je 1,2 kW, a mogući protok izlaznog zraka iznosi 195 litara u minuti.



**Slika 18.** Kompresor zraka ACO-12M (CZB, 20221)

## L. SPREMNIK TOPLE VODE HWT-500

HWT-500 je spremnik čija je uloga skladištenje tople vode u pogonu (slika 19). Vruća voda koristi se za zamiješanje sladovine u vodi za procesu proizvodnje sladovine. Dizajniran je za skladištenje 500 litara vode te je napravljen od materijala AISI 316L, DIN 17 349, AKV extra 2. Sustav grijanja vode je para ili struja preko grijaćih ploča jačine 2,2 kW.



**Slika 19.** Spremnik tople vode HWT-500 (CZB, 2022m)

## M. SPREMNIK HLADNE VODE ITWT-500 (CLT tank)

ITWT-500 je spremnik (slika 20) čija je uloga skladištenje hladne vode u pogonu. Koristi se za hlađenje slakovine u izmjenjivaču topline. U spremnik je ugrađena spirala za hlađenje vode volumena 500 litara. Cijevi su napravljene od nehrđajućeg čelika, a temperatura je regulirana digitalnim regulatorom Dixel XR20D, koji služi za upravljanje solenoidnim ventilom.



**Slika 20.** Spremnik hladne vode ITWT-500 (CZB, 2022n)

## N. UREĐAJ ZA HLAĐENJE SKLADIŠTA ACU-25

ACU-25 (slika 21) je jedinica za hlađenje zraka s ventilatorima čija je namjena prostorno hlađenje. Oprema koristi hladni zrak kao rashladnu tekućinu, a snaga hlađenja iznosi 4500 W te proizvodi 47 m<sup>3</sup> po satu.



**Slika 21.** Uređaj za hlađenje skladišta ACU-25 (CZB, 2022o)

## O. MOBILNA CIP-201 STANICA

CIP-201 (slika 22) je mobilni stroj za čišćenje, sanitaciju i sterilizaciju spremnika i cjevovoda. Potpuno je opremljen sustav za pivovare koji osigurava grijanje i cirkulaciju lužnatih i kiselih otopina pomoću pumpe. Sadrži jednu posudu od nehrđajućeg čelika volumena 200 litara te posude za neutralizaciju volumena 70 litara, centrifugalnu pumpu, električnu upravljačku ploču, ručnih ventila i instalacijskih cijevi. Grijači elementi sustava kojih ima tri su snage 2000 W, centrifugalna pumpa je snage 750 W te može stvoriti protok od 90 litara u minuti.



**Slika 22.** Mobilna CIP-201 stanica (CZB, 2022p)

#### 4.4.3. Energetska bilanca

U tablici 11 prikazana je približna potrošnja energije u uređajima za proizvodnju piva. Izabrani uređaji su u skladu s potrebama pivovare opisanog kapaciteta. Iz tablice možemo zaključiti da su najveći potrošači energije postrojenje za kuhanje te mobilna CIP stanica. Takvi uređaji koriste veliku količinu energije koja im je potrebna za izvršenje rada u određenom vremenskom periodu s ciljem kuhanja ili čišćenja. Sveukupna potrošnja energije unutar postrojenja iznosila bi 65 kWh, ali treba uzeti u obzir da najveći potrošači energije rade samo u određenim vremenskim intervalima unutar postrojenja ovisno o potrebama pogona dok ostali imaju ulogu u održavanju neke temperaturne ravnoteže ili drugo. Tablica 12 prikazuje logističke podatke i kapacitete skladišta prema mjesečnim potrebama.

**Tablica 11.** Potrošnja energije po uređaju

UREĐAJI	ENERGIJA [kWh]	VODA [L]	PARA [kg/h]
Mlin	2,2	/	/
Sustav za kuhanje piva	17,5	600	/
Mobilna centrifugalna pumpa	0,75	/	/
Izmjenjivač topline	3,68	/	/
Hladnjak za tankove	2,3	180	/
Mobilni pločasti filter	0,37	/	/
Generator pare	4	Ovisno o broju tankova i jačini hlađenja	7
Uređaj za pranje i punjenje kegova	5,15	Nije poznato	Nije poznato
Zračni kompresor	1,2	/	/
HLT tank	3,86	500	/
CLT tank	6,08	500	/
Uređaj za hlađenje skladišta	4,5	/	/
Mobilna CIP stanica	13,36	Ovisno o omjerima sredstva za čišćenje i vode	/
UKUPNO	64,95	1780	7



**Tablica 12.** Logistički podaci i kapaciteti skladišta na mjesečnoj bazi

SIROVINE	Slad	Hmelj	Kvasac	Voda
Količina	1035 kg	8 kg	2,7 kg	5850 kg
Jedinično pakovanje	42 vreće po 25 kg	2 vreće po 5 kg	6 vreća kvasca po 500 g	
PROIZVOD	Drma	Purger		
Količina	1500 L	1500 L		
Jedinično pakovanje	75 kegova po 20 L	75 kegova po 20 L		
Paletno pakovanje	Euro paleta 1200 * 800 mm			
Broj jediničnog pakovanja u jednom redu	10	10		
Broj redova na paleti	3	3		
Broj jediničnih pakovanja na paleti	30	30		
Broj potrebnih paleta	4	4		

Kapacitet skladišta:

- Mjesečna proizvodnja- 8 paleta proizvoda po 1 m<sup>2</sup>
- Površina skladišta- 3,6 \* 5,6 = 20,16 m<sup>2</sup>
- Proizvod bi zauzimao do 9 m<sup>2</sup>
- Ostatak prostora – 11,16 m<sup>2</sup> – iskorištenje za povećanje kapaciteta proizvodnje

#### 4.5. TEHNOLOŠKI PARAMETRI PROSTORIJA

U tablici 13 prikazan je popis prostorija planiranog pogona čija je površina 177,72 m<sup>2</sup> uz navedenu adekvatnu temperaturu i vrste podova te pripadajuće površine prostorija.

**Tablica 13.** Tehnički parametri prostorija pivovare

POZICIJA	PROSTORIJA	TEMPERATURA [°C]	VRSTA PODA	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
1.	Pogon za proizvodnju	Nema režima	Industrijski pod	54
2.	Prostor za mljevenje slada	Nema režima	Industrijski pod/keramičke pločice	12
3.	Skladište proizvoda	0-8	Industrijski pod	20,16
4.	Skladište sirovina	0-8, 16-20	Industrijski pod	19,8
5.	Muška i ženska garderoba	Nema režima	Keramičke pločice	19,44
6.	Hodnik	Nema režima	Drveni pod/ industrijski pod	24
7.	Uredi za direktora i tehnologa	Nema režima	Drveni pod	22,32
8.	Skladište za kemikalije i sredstva za čišćenje	Nema režima	Keramičke pločice	6
Ukupno				177,72

#### 4.6. POTREBNA RADNA SNAGA

U pogonu je planiran rad u jednoj smjeni te je potrebno zaposliti 2 zaposlenika. Dva visokoobrazovana djelatnika na mjesto tehnologa i djelatnika u laboratoriju te direktora/računovođa koji bi zajedno provodili sve procese u pogonu. Sirovine su dostupne tokom cijele godine te bi se broj zaposlenika mogao promijeniti s obzirom na proširenje i povećanje proizvodnje.

#### **4.7. STUDIJA IZVEDIVOSTI**

Ukupna investicija ovog projekta bi iznosila 115.890 eura odnosno 870.333,9 kuna te bi se takva investicija financirala vlastitim sredstvima podnositelja projekta i kreditom banke. Kredit u banci bi se ugovarao u eurima s vremenom otplate od 5 godina s prihvatljivom kamatom.

#### **4.8. GOTOVI PROIZVODI**

##### **4.8.1. Proizvod pivo Drma**

Pivo Drma spada u skupinu „Hoppy-Red Ale“ piva odnosno hmeljasta piva crvene boje. Piva sadrži 6 % alkohola te njezina IBU vrijednost iznosi 38. To je bogato crveno pivo sa ugodnom gorčinom te blagim notama kave, karamele i crne čokolade. Takve arome u skladu su sa punoćom sladnog okusa i arome hmelja Styrian Golding. Prodajna cijena ovakvog proizvoda iznosi 11 kuna na 0,5 L proizvoda te bi se prodavao u metalnim spremnicima odnosno kegovima u volumenima od 20 L.

##### **4.8.2. Proizvod pivo Purger**

Piva Purger spada u skupinu „Blonde Ale“ piva odnosno piva svjetlije, žućkaste boje. Ovo pivo sadrži 5 % alkohola i njegova IBU vrijednost iznosi 25. Pivo je zlatne boje, blage gorčine i ugodne arome plemenitih europskih hmeljeva. Prodajna cijena proizvoda je 11 kuna na 0,5 L proizvoda te bi se prodavao u metalnim spremnicima volumena 20 L.

#### **4.9. TLOCRT PIVOVARA**

U prilogu ovog istraživačkog rada prikazan je tlocrt predviđenog pogona za proizvodnju piva s odgovarajućim rasporedom prostorija, uređaja i opreme. Tlocrt je rađen u programu za tehničkocrtanje AutoCAD.

## 5. ZAKLJUČCI

Ovaj rad je prijedlog tehničko – tehnološkog rješenja pogona za proizvodnju piva. Sukladno provedenoj raspravi i dobivenim rezultatima zaključuje se sljedeće:

1. Proizvodnja piva ovisna je o mnogobrojnim čimbenicima kao što su kvaliteta i sastav sirovina, obrada i procesiranje sirovina, praćenje faza u proizvodnji, visoki higijenski standardi te potražnja na tržištu i kupovna moć potrošača.
2. Na odabranoj lokaciji u Zagrebu, između Črnomerca i Trešnjevke-sjever projektiran je objekt za proizvodnju piva kao jednoetažna građevina površine više od 177,2 m<sup>2</sup>, kapaciteta za proizvodnju 3000 L proizvoda uz mogućnost proširenja i povećanja planiranog pogona.
3. Proizvodi pivovare pakiraju se u metalne spremnike kapaciteta 20 L te bi mjesečna proizvodnja iznosila 150 kegova. Ukupna potrošnja energije uređaja pogona iznosi 65 kWh prilikom upotrebe svih uređaja unutar pogona dok za održavanje određenih temperaturnih uvjeta i drugo takva potrošnja se smanjuje. Za prodaju takvih proizvoda postavljena cijena iznosi 11 kuna na 0,5 L proizvoda što nas dovodi do ostvarivanja dobiti od 66 tisuća kuna nakon što se pokriju svi troškovi proizvodnje.
4. Proizvodni pogon projektiran je sukladno pravilima struke i zakonodavstva Republike Hrvatske, te su kapaciteti uređaja i oprema odabrani prema zahtjevima investitora i kapacitetima proizvodnje.
5. Prema studiji izvedivosti isplativost ovakvog pogona je na graničnoj razini zbog velikog početnog ulaganja. Povećanje profita se može očekivati nakon perioda od 5 godina kada se otplati bankovni kredit koji je bio potreban za planiranje ovakvog pogona. Početno ulaganje iznosi oko 115.800,00 eura dok bi profit nakon svih troškova iznosio oko 8.800,00 eura. Isplaćivanjem mjesečnih rata u iznosu od 35 % dobiti odnosno 3.080,00 eura bankovni kredit bi bio isplaćen u cijelosti za malo više od 3 godine.
6. Pogon se sastoji od proizvodnog, skladišnog i uredskog prostora te prostora za radnike. S vanjske strane pogona nalazi se nadstrešnica za ambalažu te određene vanjske jedinice uređaja za hlađenje i ventilacija.

## 6. LITERATURA

Alatiqi, I, Ettouney, H, El-Dessouky, H (1999) Process control in water desalination industry: An overview. *Desalination*, **126**, 15–32. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(99\)00151-4](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(99)00151-4)

Almaguer, C, Schönberger, C, Gastl, M, Arendt, E K, Becker, T (2014). Humulus lupulus - a story that begs to be told. A review. *J Inst Brew* **120**, 289–314. <https://doi.org/10.1002/jib.160>

Balbino, S (2015) Tehnološko projektiranje, Interna skripta, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Bamforth, C W, Kanauchi, M (2003) Interactions between polypeptides derived from barley and other beer components in model foam systems. *J Sci Food Agric* **83**, 1045–1050. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1503>

Bamforth, C W (2006) *Brewing New technologies*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Bespoke, B S (2022) *Brewery Inception - Design and Consultation*, <https://www.bespokebrewingsolutions.com/design-and-consultation> , Pristupljeno: 16.4.2022.

Boulton, C (2007) *Fermentation Systems. U: Brewing Yeast and Fermentation.* <https://doi.org/10.1002/9780470999417.ch5>

Briggs D E, Hough J S, Stevens R, Young T W (1981) *Malting and Barley Brewing Science*, Volumen 1, 2. izd., Chapman and Hall, London

CZB (2002a) KEG-20-DIN. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/keg-20-din/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022b) MMR-100: Mlin za slad. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/mmr-100/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022c) Breworx Lite Eco 600. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/bh-bwle-600/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022d) MP-75 Mobilna centrifugalna pumpa. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/mp-75/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022e) WCASB-500 Kompaktni hladnjak i aerator mlaza. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/wcasb-500/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022f) CCTM-1200A2 Modularni cilindrično-konusni spremnik za fermentaciju. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/cctm-1200a2/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022g) CLC-4P2300 Kompaktni hladnjak za tekućinu. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/clc-4p2300/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022h) PLP-SSP2020 Mobilni pločasti filter. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/plf-ssp2020/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022i) WTS-30. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/wts-30/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022j) ESG-7C Električni generator pare. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/esg-7c/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022k) KCM-10 Stroj za ručno ispiranje i punjenje bačvi. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/kcm-10/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022l) ACO-12M Kompresor zraka. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/aco-12m/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022m) HWT-500 Spremnik tople vode 500 litara. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/hwt-500/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022n) ITWT-500 Spremnik s ledom. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/itwt-500/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022o) ACU-25 Jedinica za hlađenje zrakom. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/acu-25/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

CZB (2022p) CIP-201 Stanica za čišćenje i sanitaciju. Czech Brewery Systems, <https://eshop.czechminibreweries.com/hr/product/cip-201/>. Pristupljeno: 22.3.2022.

De Moura, F P, Mathias, T R D S (2018) A comparative study of dry and wet milling of

barley malt and its influence on granulometry and wort composition. *Beverages*, **4**, 4–11. <https://doi.org/10.3390/beverages4030051>

Eurokonzalting (2022) Studija izvodljivosti (izvedivosti) i CBA analiza, <https://eurokonzalting.com/index.php/bespovratna-sredstva-i-krediti/item/993-studija-izvodljivosti-izvedivosti-i-cba-analiza> , Pristupljeno: 16.4.2022.

D. Evan Evans, Louise H. Robinson, Marian C. Sheehan, Rachel L. Tolhurst, Amanda Hill, John S. Skerritt & Andrew R. Barr (2003) Application of Immunological Methods to Differentiate between Foam-Positive and Haze-Active Proteins Originating from Malt, *J Am Soc Brew Chem*, **61**, 55-62, <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-61-0055>

Eyres, G, Dufour, J P (2009) Hop Essential Oil: Analysis, Chemical Composition and Odor Characteristics, U: Preedy, V.R. (ured.) *Beer in Health and Disease Prevention*, Elsevier, Burlington/San Diego/London, str. 239-255.

Fox, G P (1996) *Chemical Composition in Barley Grains and Malt Quality*. U: *Genetics and improvement of barley malt quality*, Springer, Berlin, Heidelberg, str. 63-98.

Gazdek, G (2013) Najstarija pivovara i pivo , <https://pivnica.net/najstarija-pivovara-i-pivo/2691/>. Pristupljeno 3.1.2022.

Gänz, N (2022) Investigation of the Hops  $\alpha$  -Acids Isomerization and Occurring Losses of Iso-  $\alpha$  -Acids During Wort Preparation in the Brewhouse.

Golob, B. (2009) *Inovacija od ideje do tržišta: Priručnik za stvaranje proizvoda, usluga i novih prihoda*. Dragon d.o.o. ,Rijeka

Herskowitz, I (1988) Life cycle of the budding yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiol Rev* **52**, 536–553. <https://doi.org/10.1128/membr.52.4.536-553.1988>

Hieronymus, S (2012) *For The Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness and the Culture of Hops*, Brewers Publications, Colorado, str. 186.

Hoseney, R (1986) *Minor Constituents of Cereals*. U: *Principles of Cereal Science and Technology*, American Society of Cereal Chemists, St. Paul Minnesota, str. 89-110.

Hozdić, E, Hozdić, E (2013) Planning of technological process processing for flexible production systems. *Tehnički Glasnik*, **7**, 381–390.

HGK (2021) Studija Ekonomskog instituta: Industrija piva generira 1,8 % BDP-a, Hrvatska

gospodarska komora, <https://www.hgk.hr/pivarska-industrija-iznad-hrvatskog-prosjeka>.  
Pristupljeno 3.1.2022.

HGK (2017) Hrvatska godišnje proizvede 3,4 milijuna hektolitara piva, Hrvatska gospodarska komora, <https://www.hgk.hr/hrvatska-godisnje-proizvede-34-milijuna-hektolitara-piva>.  
Pristupljeno 3.1.2022.

Kakša, P (2022) CBA - Studija izvodljivosti s analizom troškova i koristi, <https://alphacapitalis.com/2020/08/07/cba-studija-izvodljivosti-s-analizom-troskova-i-koristi/>,  
Pristupljeno: 16.4.2022.

Kordialik-Bogacka, E, Antczak, N (2011) Prediction of beer foam stability from malt components. *Czech J Food Sci* **29**, 243–249. <https://doi.org/10.17221/225/2010-cjfs>

Lafontaine, S R, Shellhammer, T H (2018) Impact of static dry-hopping rate on the sensory and analytical profiles of beer. *J Inst Brew* **124**, 434–442. <https://doi.org/10.1002/jib.517>

Lodolo, E J, Kock, J L F, Axcell, B C, & Brooks, M (2008) The yeast *Saccharomyces cerevisiae* - The main character in beer brewing. *FEMS Yeast Research*, **8**, 1018–1036. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00433.x>

Lopez-Gomez, A., Barbosa-Canovas, G.V. (2005) Food Plant Design, CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton/London/New York/Singapore.

Mallet, J (2014) Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse, Brewers Publications, Colorado.

Marić, V (2008), Prehrambena vrijednost piva. <https://pivnica.net/prehrambena-vrijednost-piva/109/>.  
Pristupljeno: 1.7.2022.

Parker, D K (2012) Beer: production, sensory characteristics and sensory analysis. U: *Alcoholic Beverages*, Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857095176.2.133>

Perrocheau, L, Rogniaux, H, Boivin, P, Marion, D (2005) Probing heat-stable water-soluble proteins from barley to malt and beer. *Proteomics*, **5**, 2849–2858. <https://doi.org/10.1002/pmic.200401153>

Petričić, T (2022) Croatian Beer Industry: Biggest Players, Trends and Market Position, <https://www.total-croatia-news.com/business/61104-croatian-beer-industry>,  
Pristupljeno:



11.4.2022.

Podravka (2022) Ječam. <https://www.podravka.hr/namirnica/187/jecam/> , Pristupljeno: 4.7.2022.

Pravilnik (2005) Pravilnik o pivu i pivu s dodacima, Narodne novine 42. Zagreb. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005\\_04\\_42\\_820.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_04_42_820.html). Pristupljeno 8.1.2022.

Pravilnik (2019) Pravilnik o registraciji i odobravanju objekata te o registraciji subjekata u poslovanju s hranom. *Narodne novine* **123**. Zagreb. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_12\\_123\\_2434.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_12_123_2434.html). Pristupljeno 8.1.2022.

Punčochářová, L, Pořízka, J, Diviš, P, Štursa, V (2019) Study of the influence of brewing water on selected analytes in beer. *Potr S J F Sci* **13**, 507–514. <https://doi.org/10.5219/1046>

Rahman, S, M, Ahmed, J (2012) Handbook of Food Process Design, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, str. 18-22.

Reed, R J R (1986) Centenary review article beer filtration. *J Inst Brew* **92**, 413–419. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1986.tb04433.x>

Romac, G, Belamarić, M, Šoštarec, D, Bago, C, (2012) Tehničko - tehnološko rješenje postojećeg postrojenja Carlsberg Croatia d.o.o., Hrvatski centar za čistiju proizvodnju, Zagreb.

Samuel, S (2021) Top 10 Widely Consumed Drinks in the World! <https://besttoppers.com/top-10-widely-consumed-drinks/>. Pristupljeno 3.1.2022.

Schönberger, C, Kostelecky, T (2011) 125th anniversary review: The role of hops in brewing. *J Inst Brew* **117**, 259–267. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00471.x>

Šarić, G (2020) Proizvodnja piva: Kako proizvesti pivo?, <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-kako-proizvesti-pivo/>. Pristupljeno 9.2.2022.

Tang, K, Li, Q (2017) Biochemistry of Wine and Beer Fermentation. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Food and Beverages Industry*, 281–304. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63666-9.00011-X>

Vaughan, A, O’Sullivan, T, Van Sinderen, D (2005) Enhancing the microbiological

stability of malt and beer - A review. *J Inst Brew* **111**, 355–371.  
<https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00221.x>

Waters, L S, Minesinger, B K, Wiltrout, M E, D'Souza, ., Woodruff, R V, Walker, G C (2009) Eukaryotic Translesion Polymerases and Their Roles and Regulation in DNA Damage Tolerance. *Microbiol Mol Biol Rev* **73**(1), 134–154.  
<https://doi.org/10.1128/mnbr.00034-08>

GZ (2022a) Črnomerec. Grad Zagreb, <https://aktivnosti.zagreb.hr/gradske-cetvrti-19/crnomerec/157>. Pristupljeno: 12.2.2022.

GZ (2022b) Trešnjevka sjever. Grad Zagreb, <https://aktivnosti.zagreb.hr/gradske-cetvrti-19/tresnjevka-sjever/155>. Pristupljeno: 12.2.2022.

GZ (2022c) Zagreb. Grad Zagreb, <https://www.zagreb.hr/>. Pristupljeno:12.2.2022.

Willaert, R (2012) Biochemistry of Beer Fermentation. *Food Biochemistry and Food Processing: Second Edition*, 627-653. <https://doi.org/10.1002/9781118308035.ch33>

Ye, L, Huang, Y, Li, M., Li, C, Zhang, G (2016) The chemical components in malt associated with haze formation in beer. *J Inst Brew* **122**, 524–529.  
<https://doi.org/10.1002/jib.353>

Zacharias, B i Saravacos, G D (2008) Food plant economics, CRC Press, Boca Raton/London/New york.

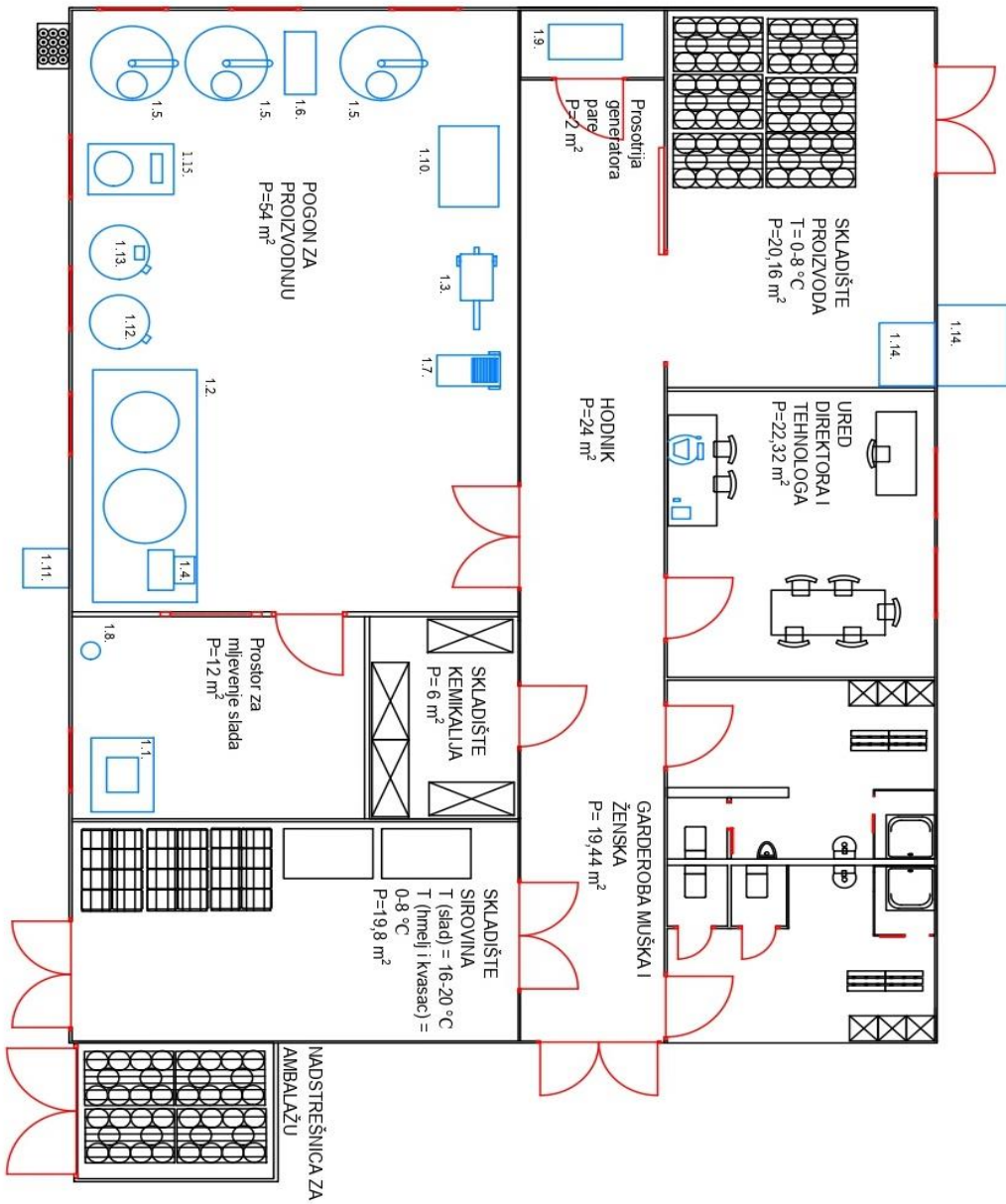
Zakon o gradnji (2013) *Narodne novine* **153**, Zagreb.

Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (2013) *Narodne novine* **81**, Zagreb.

Zakon o hrani (2013) *Narodne novine* **81**, Zagreb.

# PRILOG 1.

Prijedlog tlocrta pogona za proizvodnju piva s odgovarajućim rasporedom prostorija, uređaja i opreme napravljen u programu za tehničko crtanje AUTOCAD.



PREGAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET Kabinat za tehničko projektiranje Pierottijeva 6, 10000 Zagreb	
INVESTITOR: Lokalna craft pivovara	
GRADEVINA: Pogon za proizvodnju craft piva	
PROJEKTANT: univ. bac. ing. Luka Ivanešić	
SADRŽAJ: TLOCRT PRIZEMLJA	
DATUM: SRPANJ, 2022.	
MJERILO 1:1	
POPIS UREĐAJA:	
UREĐAJ 1.	MLIN ZA SLAD MMR-100
UREĐAJ 2.	UREĐAJ ZA KUHANJE PIVA
UREĐAJ 3.	CENTRIFUGALNA PUMPA
UREĐAJ 4.	IZMJEŃIVAČ TOPLINE
UREĐAJ 5.	FERMENTAČIJSKI SPREMNIK
UREĐAJ 6.	KOMPAKTNI HLAĐIVAČ
UREĐAJ 7.	MOBILNI PLOČASTI FILTER
UREĐAJ 8.	SUSTAV PROČIŠĆAVANJA VODE
UREĐAJ 9.	GENERATOR PARE
UREĐAJ 10.	STROJ ZA ISPRANJE I PUNJENJE KEGOVE
UREĐAJ 11.	KOMPRESOR ZRAKA
UREĐAJ 12.	TOPLI TANK
UREĐAJ 13.	HLADNI TANK
UREĐAJ 14.	UREĐAJ ZA HLAĐENJE
UREĐAJ 15.	MOBILNI CIP SUSTAV

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja LUKA IVANEŠIĆ izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

---

Vlastoručni potpis