

**Tehničko tehnološko rješenje postojećeg postrojenja  
Karlovačka pivovara d.o.o.**

Zagreb, svibanj 2011.



Naručitelj: Karlovačka pivovara d.o.o.

Narudžba: UN-11-000469

Izradio: Hrvatski centar za čistiju proizvodnju

Naslov:

## **Tehničko – tehnološko rješenje postojećeg postrojenja Karlovačka pivovara d.o.o.**

Voditelj izrade: mr.sc. Goran Romac, dipl. ing.

Suradnici: Morana Belamarić, dipl.ing.  
Dražen Šoštarec, dipl.ing.  
mr.sc. Ivana Ivičić dipl.oec.

Odobrio: mr.sc. Goran Romac, dipl. ing., ravnatelj

Zagreb, svibanj 2011.



## SADRŽAJ

<b>UVOD.....</b>	<b>4</b>
<b>1 OPĆE TEHNIČKE, PROIZVODNE I RADNE KARAKTERISTIKE POSTROJENJA – PIVOVARE .....</b>	<b>4</b>
1.1 Glavni tehnološki postupci	4
1.2 Proizvodni objekti postrojenja (procesne jedinice)	8
1.2.1 Glavni proizvodni objekti.....	8
1.2.2 Pomoćni proizvodni objekti.....	11
1.3 Potrošnja vode i količine otpadnih voda postrojenja	13
1.3.1 Potrošnja vode .....	13
1.3.2 Proizvedene otpadne vode Karlovačke pivovare .....	15
1.4 Uređaj za obradu otpadnih voda i rekonstrukcija sustava odvodnje	16
1.5 Postojeće stanje izgradnje uređaja za obradu otpadnih voda i rekonstrukcije sustava odvodnje Karlovačke pivovare d.o.o.	17
<b>2 PLAN S PRIKAZOM LOKACIJE ZAHVATA S OBUHVATOM CIJELOG POSTROJENJA (SITUACIJA) .....</b>	<b>21</b>
<b>3 PROCESNI DIJAGRAM TOKA .....</b>	<b>22</b>
3.1 Procesni dijagram proizvodnog procesa	22
3.2 Procesni dijagram obrade otpadnih voda	23
<b>4 PROCESNA DOKUMENTACIJA POSTROJENJA .....</b>	<b>24</b>
<b>5 OSTALA DOKUMENTACIJA.....</b>	<b>25</b>

## Uvod

U skladu sa zahtjevima Zakona o zaštiti okoliša (NN 110/07), a temeljem Uredbe o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08) tvrtka Karlovačka pivovara d.o.o. pokrenula je postupak ishođenja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša.

U postupku ishođenja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša od strane nadležnog ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva 9. studenog 2010. pribavljeno je Mišljenje na dostavljene Analize stanja i Elaborata o načinu usklađivanja Karlovačke pivovare d.o.o. kojim se ocijenilo da je moguće pokrenuti postupak utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša, odnosno da je u roku od 6 mjeseci potrebno podnijeti zahtjev za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša.

Odredbe vezane uz Zahtjev za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša definirane su člankom 6. *Uredbe o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša* (NN 114/08), a pobliži sadržaj Zahtjeva utvrđen je obrascem OZ-IPPC u Prilogu III Uredbe.

## 1 Opće tehničke, proizvodne i radne karakteristike postrojenja – pivovare

Karlovačka pivovara je društvo s ograničenom odgovornošću za proizvodnju i promet piva. U skladu s prilogom I Uredbe o postupku ishođenja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša tehnički proizvodni kapacitet postrojenja je 4.000 hl piva/dan.

Proizvodnja piva u Karlovačkoj pivovari sastoji se od niza tehnoloških postupaka koji se navode u tekstu koji slijedi.

### 1.1 Glavni tehnološki postupci

#### Prijem i priprema sirovina za proizvodnju piva

Za proizvodnju piva potrebne su četiri osnovne sirovine: ječmeni slad, hmelj, voda i kvasac. Dio ječmenog slada može se zamijeniti žitaricama i proizvodima od žitarica (kukuruzna krupica), te dodacima na bazi škroba i šećera. Kvaliteta ovih sirovina ima odlučujući utjecaj na kvalitetu gotovog proizvoda. Osiguranje odgovarajućih uvjeta prilikom manipulacije i skladištenja sirovina preduvjet je kvalitetnog gotovog proizvoda. Količina sirovina koje se skladište ovisi o mogućnostima redovite opskrbe što direktno određuje skladišne kapacitete.

## Proizvodnja ohmeljene sladovine

Ohmeljena sladovina osnova je za kvalitetan gotovi proizvod. Osim toga sadržaj suhe tvari (*ekstrakt*) u sladovini određuje tip piva, odnosno utrošak energije potrebne za proizvodnju sladovine. Cjelokupan proces proizvodnje ohmeljene sladovine provodi se u 5 procesnih koraka:

- Komljenje usitnjenih sirovina (prekrupe/krupice),
- Izdvajanje sladovine iz ošćerene komine,
- Kuhanje sladovine s hmeljom,
- Bistrenje sladovine,
- Hlađenje i aeracija sladovine.

## Alkoholno vrenje i zrenje (odležavanje) piva

U postupku vrenja i dozrijevanja piva dolazi do pretvaranja fermentabilnih šećera (*ekstrakta*) pomoću pivarskog kvasca u etilni alkohol, CO<sub>2</sub>, nusprodukte vrenja i biomasu kvasca kod povišene temperature (*fermentacija* ili *vrenje*) te modificiranje nusprodukta vrenja pomoću zaostalog kvasca pri niskoj temperaturi (*dozrijevanje* ili *odležavanje*).

Cjelokupan proces odvija se u anaerobnim uvjetima pri temperaturi 6-16°C te bez nadpritiska CO<sub>2</sub> i provodi se u 5 procesnih koraka:

- Nacjepljivanje pivarskog kvasca u hladnu sladovinu,
- Glavno vrenje sladovine,
- Uklanjanje (sakupljanje) kvasca
- Hlađenje mladog piva
- Dozrijevanje (odležavanje) mladog piva

## Dorada piva

Pivo je nakon dovršetka procesa odležavanja još uvijek mutno, odnosno nedovoljno bistro za plasman. Zbog toga je potrebno pivo izbistriti i pripremiti za otakanje u ambalažu u skladu sa deklaracijom proizvoda. U postupku dorade piva provode se finalne korekcije karakteristika piva ovisno o primijenjenom tehnološkom procesu.

Postupak dorade piva provodi se u 4 procesna koraka:

- Stabilizacija piva
- Filtracija piva
- Korekcija udjela sastojaka piva
- Skladištenje filtriranog piva

## Ambalažiranje piva

Prije prodaje pivo se mora napuniti u ambalažu koja se razlikuje po volumenu (0,2 l do 50 l) i materijalu izrade (staklene boce, bačve od nehrđajućeg čelika), pa je zavisno od toga, kao i od toga radi li se o novoj, nepovratnoj ili povratnoj ambalaži i sama priprema ambalaže i postrojenja za punjenje piva u ambalažu (*ambalažiranje*) različita. Rukovanje pivom i ambalažom mora biti optimirano i ispunjavati osnovne preuvjete za ispravan gotov proizvod.

Otakanje piva u ambalažu je vrlo složen proces koji se sastoji od sljedećih tehnoloških operacija:

- Priprema ambalaže,
- Pranje ambalaže,
- Kontrola oprane ambalaže,
- Punjenje i zatvaranje,
- Biološka stabilizacija (pasterizacija boce i piva),
- Etiketiranje i označavanje

## Skladištenje gotovog proizvoda

Nakon opremanja ambalaža se pakira ovisno o vrsti u PVC nosiljke (povratne boce), kutije (nepovratne boce i limenke), foliju (nepovratne boce), slažu na palete (*paletizatori*) i odvođe u skladište gotovih proizvoda. Palete s gotovim proizvodima se čuvaju u skladištu opremljenom s opremom za kondicioniranje zraka (hlađenje/grijanje). Limenke i PET boce pune se u vanjskim punionama i dopremaju na skladište.

## Obrada otpadnih voda

Na lokaciji je izgrađen uređaj za obradu otpadnih voda postrojenja koji se sastoji od:

- Mehaničke obrade otpadnih voda
- Egalizacije
- Neutralizacije
- Biološke obrade (UASB reaktor)
- Obrade mulja nastalog aerobnom digestijom

## Ostali korisni procesi

Pomoćni (korisni) procesi neposredno vezani za proces proizvodnje piva definirani su osnovnim karakteristikama tehnološkog procesa proizvodnje piva i sastoje se od:

- Pripreme tehnološke vode - Voda se primarno koristi kao sirovina (89-93% vode u proizvodu), te za ispiranje ekstrakta iz tropa, hlađenje sladovine, pripremu naplavnog filtera piva, pasterizaciju piva, pranje i dezinfekciju tehničko tehnološke opreme i radnih površina, održavanje opće higijene,



pranje i dezinfekciju ambalaže, proizvodnju pare, kondenzaciju amonijaka u rashladnim postrojenjima, hlađenje zračnih i amonijačnih kompresora i dr.

- Proizvodnje vodene pare - Para se proizvodi u kotlovnici koja ima funkciju proizvodnje tehnološke pare tlaka 6-8 bara. Glavnina potrošnje pare odvija se u procesu proizvodnje sladovine (komljenje, kuhanje sladovine), filtracije (sterilizacija filtera) te punjenja u ambalažu (pranje boca) i pranje (CIP pranja)
- Proizvodnje rashladne energije - Rashladno postrojenje je neophodno za vođenje tehnološkog postupka proizvodnje piva. Rashladni medij je amonijak koji kruži u zatvorenom sistemu i predaje hladnoću medijima (voda ili propilen glikol) koji se u odvojenim sistemima dovode do potrošača hladnoće.
- Proizvodnje komprimiranog zraka - Postrojenje za proizvodnju komprimiranog zraka za pivovare čine zračni kompresori s vodenim ili zračnim hlađenjem. Kapacitet kompresora mora zadovoljiti sve potrebe instalirane opreme i tehnoloških procesa
- Pranja i dezinfekcije - Cilj je pranja i dezinfekcije osiguravanje neophodnih higijenskih preduvjeta u svim fazama proizvodnje piva. Pranje i dezinfekcija procesne opreme i radnih površina su zbog visokih higijenskih zahtjeva učestali te iziskuju velike troškove radne snage, tehničke opreme, sredstava za čišćenje, vode i energenata. Pranje i dezinfekcija unutrašnjih površina procesne opreme se radi CIP („*Cleaning in Place*“) postupkom zatvorenog, kružnog pranja i dezinfekcije koristeći vodu i različita sredstva za pranje (alkalna, kisela i dezinficirajuće).
- Ukapljivanje CO<sub>2</sub> - Ugljični je dioksid uobičajeni nusproizvod alkoholnog vrenja pivske sladovine. Na početku vrenja iz fermentora izlazi smjesa ugljičnog dioksida i zraka, koja se ispušta u atmosferu prvih dvadeset sati dok udjel CO<sub>2</sub> u izlaznim fermentorskim plinovima ne dostigne 95,0 do 99,5 %. Tada se izlazni fermentorski plinovi uvode u postrojenje (stanicu) za prikupljanje, pročišćavanje i ukapljivanje CO<sub>2</sub>. Postrojenje za dobivanje ukapljenog CO<sub>2</sub> služi s jedne strane za međuskladištenje CO<sub>2</sub> koji kontinuirano izlazi iz fermentora dok traje vrenje piva, a s druge strane za njegovo čišćenje i ukapljivanje, kako bi se pročišćeni ugljični dioksid mogao upotrijebiti za određene tehnološke operacije
- Kontrolni laboratorij - Proces proizvodnje piva neophodno je nadzirati u svakom procesnom koraku kako sa fizikalno-kemijske karakteristike sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda tako i mikrobiološku čistoću opreme, cjevovoda, poluproizvoda, kvasca, gotovih proizvoda.

## 1.2 Proizvodni objekti postrojenja (procesne jedinice)

U tekstu koji slijedi navode se karakteristike svih proizvodnih objekata postrojenja Karlovačka pivovara:

### 1.2.1 Glavni proizvodni objekti

Glavni proizvodni objekti su:

- silos
- varionica (proizv. sladovine)
- obrada sladovine
- fermentacija
- filtracija
- punionica
- puniona bačava
- skladište gotovih proizvoda

#### Silos

U sklopu procesne jedinice nalaze se 4 metalna silosa za slad i 2 za kukuruznu krupicu. Sirovine se istovaruju mehanički/pneumatski. Prije istovara cisterna sa sirovinama se važe na kolnoj vagi. Silos je opremljen pužnicama i elevatorima s košaricama kojima se transportira slad i kukuruzna krupica. Hmelj se skladišti u hladenoj prostoriji. Silos je opremljen sustavom za otprašivanje s vrećastim filterima koji je spojen na sve dijelove sirovinskog transporta i svu procesnu opremu za pripremu sirovina.

U sklopu procesne jedinice nalazi se magnetni odvajač željeznih nečistoća i odvajač kamena i mlin čekičar kojim se nakon odvage na automatskoj vagi melje slad. Nakon meljave slad se sakuplja u usipnom košu. Kukuruzna krupica se važe na protočnoj automatskoj vagi i usipava u kotao za ukomljavanje krupice. Transport slada provodi se elevatorom sa šalicama.

#### Varionica

U sklopu procesnog koraka nalazi se 3 kotla za komljenje (od kojih su 2 opremljena parnim grijačima i dvobrzinskom miješalicom), cjevovodi, armatura i pumpa za kominu. Ukomljavanje se provodi toplom vodom pripremljenom miješanjem vruće vode od hlađenja sladovine s hladnom vodom. Vruća voda čuva se u tanku za vruću vodu. U sklopu procesnog koraka nalazi se Filter komine s polipropilenskim platnima/marame, sabirni koš za trop s pužnicom, zračno-pneumatski sustav za transport tropa i 2 spremnika tropa. Filtrirana sladovina prihvaća se u prihvatne tankove. Nakon filtracije komine trop se ispire toplom vodom koja se priprema miješanjem vruće (iz tanka vruće vode) i svježe vode. Nakon završetka filtracije trop se transportira pneumatskim transportom u spremnik tropa. U sklopu procesnog

koraka nalazi se kotao opremljen unutarnjim kuhačem, cjevovodi, armature i pumpa za vruću sladovinu. Sladovina se kuha s hmeljom kroz 60 min i nakon kuhanja prepumpava pumpom vruće sladovine u vrtložni taložnjak.

### **Obrada sladovine**

U sklopu procesnog koraka nalazi se rezervoar sa tangencijalnim ulazom za bistrenje vruće sladovine (vrtložni taložnjak). Nakon prepumpavanja cjelokupne količine sladovine u taložnjak, sladovina miruje zadano vrijeme nakon čega se pumpom prebacuje u vrioni podrum na hlađenje. Nakon prebacivanja sladovine istaloženi topli talog se vraća u tank prihvata vrućeg taloga, odakle se vraća u kotao ukomljava na početak procesa. Taložnjak se nakon pražnjenja pere vodom. U sklopu procesnog koraka nalazi se pločasti izmjenjivač topline (ledena voda), aerator sladovine, mjerač protoka. Vruća sladovina pumpom se transportira kroz pločasti hladnjak u kome se hladi vodom temperature 4 °C (vruća voda se sakuplja u tanku vruće vode) na početnu temperaturu vrenja. Nakon hlađenja putem venturijeve cijevi se u cjevovod sladovine dozira komprimirani, sterilni zrak. Svi spremnici, cjevovodi i oprema održavaju se pomoću CIP uređaja koji ima 2 posude (lužina/voda).

### **Fermentacija**

U sklopu procesnog koraka nalazi se 26 fermentora, 4 tanka za čuvanje kvasca, propagator sa 2 posude. Svaki fermentor je izoliran i opremljen sa zonama za hlađenje, sigurnosnom i armaturom za održavanje pretlaka u fermentoru. CO<sub>2</sub> iz svakog fermentora prvih 20 sati ispušta se preko sustava za nečisti CO<sub>2</sub> u atmosferu na visini od 25m, a zatim se sakuplja glavnim cjevovodom kroz hvatač pjene i odvodi na ukapljivanje u strojarnicu. Mlado pivo hladi se protočnim hladnjakom, bistri separatorom i prebacuje u drugi tank na odležavanje. Svi su ispusti iz fermentora povezani cjevovodima preko razvodnih ploča. Doziranje kvasca i održavanje temperature provodi se automatski. Svi spremnici, cjevovodi i oprema održavaju se pomoću CIP uređaja koji ima 6 posude (dezinfekcija/sredstvo za pranje i sl.)

### **Filtracija**

U sklopu procesnog koraka nalazi se pufer tank nefiltriranog piva, tankovi za pripremu kiselgura, dozator kiselgura, dozator sredstva za stabilizaciju, svječasti kiselgur filter, trap filter, pufer tank za filtrirano pivo, pufer tank za mješavinu voda/pivo, uređaj za deaeraciju vode, Uređaj za miješanje piva i vode, uređaj za doziranje CO<sub>2</sub>. Sve operacije u ovom procesnom koraku provode se pod pretlakom CO<sub>2</sub>. Svi spremnici, cjevovodi i oprema održavaju se pomoću CIP uređaja koji ima 3 posude (dezinfekcija/lužina/vruća voda.) Cjelokupna količina filtriranog piva sakuplja se u stojećim izoliranim tlačnim tankovima i u zadanom vremenu isporučuje pod pretlakom CO<sub>2</sub> u proces ambalažiranja piva. Nakon pražnjenja tankovi se peru i dezinficiraju CIP uređajem pod pretlakom CO<sub>2</sub>.

## **Punionica**

Prazna staklena ambalaža preuzima se iz skladišta ambalaže. Na depaletizatoru se ambalaža skida sa paleta, a prazne palete se transportiraju na paletizator. Na ispakivaču, boce se vade iz nosiljke i transportiraju dalje prema peračici. Prazne nosiljke peru se u peračici nosiljki, nakon čega se transportiraju na upakivač. Prazne boce dolaze transporterom boca do peračice boca, gdje se tretiraju mehanički i kemijski. Ulaze u bazen s vodom radi prednamakanja, zatim u bazen lužine 1 i 2, gdje se prvo vrši vanjsko pranje tj. skidanje etiketa a zatim i unutrašnje pranje boca. Nakon toga boce idu u bazen za regulaciju pH da se uklone svi zaostaci lužine. Oprane i neutralizirane boce idu na dezinfekciju klorom. Ako pranje boca nije potrebno boce se nakon depaletizatora transportiraju do ispiračice boca gdje se ispiru obrađenom vodom. Oprane boce prolaze kroz inspektor praznih boca na kojem se odvajaju boce koje nisu u redu. Ako je greška popravljiva (boca nije dobro oprana) boce se vraćaju u peračicu boca. Ako greška nije popravljiva (oštećene boce), boce se odvajaju u lom. Boce koje su mehanički i mikrobiološki ispravne transportiraju se u punjač boca. Na punjaču se pivo napuni u boce, u atmosferi CO<sub>2</sub>, ušprica se vruća voda u svrhu pobuđivanja pjene i istjerivanja zraka iz grla boce, te se boce začepu. Ovisno o vrsti pasterizacije pivo se iz filtracije šalje na trap filter, a zatim na punjač ili se pasterizira u protočnom pasteru. Pivo koje se pasterizira u protočnom pasteru prolazi kroz pufer tank koji se nalazi između pastera i punjača i služi za kratkotrajnu pohranu piva. Ispravno napunjene boce s pivom koje nije prethodno pasterizirano na protočnom pasteru, prolaze kroz tunelski paster u kojem se pivo pasterizira u boci. Napunjene, sterilizirane boce transportiraju se na etiketirku, gdje se na boce uz pomoć ljepljive etikete, prednja i leđna etiketa. Nakon lijepljenja etikete na bocu, na etiketirci se laserom otisne sat, dan, mjesec, godina i linija točenja tj rok upotrebe piva.

## **Puniona bačava**

Prazne bačve preuzimaju se sa skladišta ambalaže, te se skidaju sa paleta i vizualno kontroliraju. Bačve koje nisu u redu odvajaju se i popravljaju. Prazne bačve transporterom odlaze na predperač. Pranju prethodi vanjsko pranje bačve. Pivo prolazi kroz trap filter i nakon toga se pasterizira prolaskom kroz protočni paster. Nakon toga pivo se kratkotrajno zadržava u pufer tanku. Prazne bačve transportiraju se na liniju za punjenje, gdje se vrši unutrašnje pranje, sterilizacija i punjenje bačvi. Kontrola napunjenosti vrši se vaganjem napunjenih bačvi. Dobro napunjene bačve se okreću na prekretaču bačava, na bačvu se ručno stavljaju plastični čepovi i ručno se lijepi etiketa. Bačve se stavljaju na palete. Palete se predaju u skladište gotove robe.

## **Skladište gotovih proizvoda**

Boce prolaze kroz inspektor punih boca u svrhu završne inspekcije punih, etiketiranih boca. Boce koje se ne pakiraju u kartonsku ambalažu transportiraju se transporterom na upakivač, gdje se boce pakiraju u

prethodno oprane nosiljke, a napunjenje nosiljke se transportiraju na paletizator. Boce koje se pakiraju u 6-pack ili pojedinačne boce transportiraju se na Ocme, gdje se 6-pack pakira na kartonske podloške, a pojedinačne boce u kartonske kutije. Pakiranja na kartonskim podlošcima se prilikom prolaska kroz Vegu omotaju folijom i pri tome je termo tunel Vega uključen i grije. Gotova pakiranja (nosiljke i kartonska ambalaža) se na paletizatoru slažu na palete. Upakirani gotovi proizvodi se predaju u skladište gotove robe.

### 1.2.2 Pomoćni proizvodni objekti

Pomoćni proizvodni objekti su:

- Obrada vode - kotlovnica
- Obrada vode – rashladno postrojenje
- Kotlovnica
- Strojarnica
- Uređaj za obradu otpadnih voda postrojenja

#### Obrada vode - kotlovnica

Za potrebe tehnološkog procesa koristi se voda iz gradskog vodovoda. Voda se tretira da se ostvare potrebni parametri kvalitete napojne kotlovske vode. Prvo se omekšava tzv. „slabo kiselom“ ionskom izmjenjivaču, potom u protustruji zraka prolazi kroz modul za uklanjanje CO<sub>2</sub> i vrši se alkalizacija, nakon toga prolazi kroz blago kiseli ionski izmjenjivač. Takva voda se dalje miješa sa kondeznom i pumpa na deaeracijski modul gdje se vrši oslobađanje kisika. Tako tretirana voda pohranjuje se u napojni spremnik gdje se dogrijava i održava na temperaturi 105°C. U spremniku se dodatno tretira kemijskim sredstvom za vezanje kisika i sprječavanje taloženja zaostalih netopivih soli.

#### Rashladno postrojenje

Za potrebe tehnološkog procesa koristi se voda iz gradskog vodovoda. Voda se omekšava u ionskim izmjenjivačima. U vodu se doziraju kemijska sredstva za sprječavanje korozije i mikrobiološkog zagađenja.

#### Kotlovnica

Napojna kotlovska voda u parogeneratorima prelazi u vodnu paru parametara;  $T = 170^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 8$  bar. Kao gorivo upotrebljava se loživo ulje (LUS II). Kotlovnica ima tri parogeneratora, ukupne snage 16,9 MW. Svaki parogenerator ima svoj zasebni dimovod.

Dimovodi su spojeni na dimnjak i svaki završava na visini od 70 m. Izlaz dimnih cijevi u atmosferu opremljen je difuzorima radi efikasnijeg usmjeravanja dimnih plinova uz povećanje brzine na izlazu u atmosferu.

## Strojarnica

U strojarnici se obavlja proizvodnja komprimiranog zraka za potrebe instalirane opreme i tehnološkog procesa, proizvodnja rashladne energije neophodne za vođenje cjelokupnog tehnološkog procesa te ukapljivanje CO<sub>2</sub> nastalog u procesu fermentacije. Kompresori svojim radom na usisnoj strani stvaraju podtlak te uvlače zrak iz okolne atmosfere kompresorske stanice. Radom kompresora zrak se komprimira i podiže mu se temperatura. Komprimirani zrak se pohranjuje u spremnike. Kondenzat koji nastaje odvaja se automatskim odvajačima iz sustava i iz spremnika te prolazi kroz filter i baca se u kanalizaciju. Prije distribucije prema potrošačima zrak se filtrira te se iz njega odstranjuje preostala vlaga do zahtjevane točke rosišta prolazom kroz sušače. Dalje se distribuira prema potrošačima. Instalirana su tri suhoradna kompresora. Dva kompresora su hlađena vodom, jedan je hlađen zrakom. Voda za hlađenje dolazi iz kruga evaporativnih kondenzatora NH<sub>3</sub> sustav. Nominalni kapacitet kompresora za proizvodnju zraka je 2600 Nm<sup>3</sup>/h. Sustav rashlade ima dvije razine hlađenja (0°C i 7°C). Primarni rashladni medij je amonijak (NH<sub>3</sub>), sekundarni rashladni medij je 25% vodena otpina propilen glikola (u sustavu -7°C) i voda (u sustavu 0°C). Vođenje rada sustava je automatsko, uz stalni nadzor operatera. Ukapljeni amonijak se nalazi u sakupljaču kapljevine. Iz sakupljača amonijak se sukladno zatjevu sustava upravljanja tj. procesa razlikom tlakova dopunjuje u separator kapljica kruga 0°C ili -7°C. Separator kapljica gravitacijski napaja kapljevnom (potapa) pločaste izmjenjivače NH<sub>3</sub>/sekundarni rashladni medij. Zagrijavanjem amonijak prelazi u parno agregatno stanje i vraća se u separator. Kompresor svojim radom, na usisnoj strani stvara, podtlak i uvlači amonijačne pare iz separatora, te ih komprimira i zagrijava. Zagrijane amonijačne pare razlikom tlaka odlaze do evaporativnih kondenzatora, gdje se hlade i prelaze ponovo u kapljevnu. Kapljevina se gravitacijskim putem slijeva u sakupljač. Evaporativni kondenzatori koriste za svoj rad omekšanu i tretiranu vodu. Bazeni evaporativnih kondenzatora spojeni su u zatvorni (cirkulacioni) krug za hlađenje kompresora u NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> postrojenja i kompresora zraka. Instalirana rashladna snaga sustava -7 °C je 2,2 MW, a kruga 0°C je 740 kW. Tijekom procesa fermentacije sladovine nastaje CO<sub>2</sub>. Kod čistoće 99,8% CO<sub>2</sub> se presumjerava prema stanici za ukapljivanje. CO<sub>2</sub> prvo prolazi kroz perač pjene da bi se uklonila eventualna pjena iz dolaznog voda fermentora. Nakon toga prolazi u protustruji raspršene vode kroz tzv. „perač plina“ gdje se odvajaju u vodi topive primjese. Kompresori svojim radom stvaraju podtlak na usisnoj strani te uvlače CO<sub>2</sub>, povećavaju mu tlak i temperaturu. Stlačeni CO<sub>2</sub> dalje prolazi kroz adsorpcijski sušač i filter aktivnog ugljena gdje se uklanjaju preostala vlaga i eventualne primjese. „Suhi“ CO<sub>2</sub> razlikom tlakova dalje odlazi na ukapljivač tj. izmjenjivač topline gdje se hladi tj. ukapljuje. Ukapljeni CO<sub>2</sub> se gravitacijski slijeva tj. pohranjuje u spremnik ukapljenog CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> se pri distribuciji prema potrošačima pretvara u plinovito stanje, te mu se smanjuje tlak. Kapljevina se šalje na isparivače koji zagrijavaju CO<sub>2</sub> te on prelazi u plinovito agregatno stanje.

U slučaju potrebe kupuje se ukapljeni CO<sub>2</sub> koji se doprema kamionskim cisternama i pohranjuje u CO<sub>2</sub> spremnik ukapljenog CO<sub>2</sub>. Kapacitet prerade je nominalno 900 kg/h. U pogonu su tri dvostupanjska klipna

kompresora. Kao rashlada za ukapljivanje CO<sub>2</sub> koristit se freonski rashladni agregat punjen sa R404A . Isparivači CO<sub>2</sub> su atmosferski , tj. koriste okolni zrak za grijanje CO<sub>2</sub>

### 1.3 Potrošnja vode i količine otpadnih voda postrojenja

Podaci o potrošnji i količinama otpadnih voda preuzeti su iz Analize stanja Karlovačke pivovare d.o.o. sukladno Uredbi o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08), kolovoz 2010.

#### 1.3.1 Potrošnja vode

U Karlovačkoj pivovari d.o.o. za proces proizvodnje koristi se pitka voda iz javne vodovodne mreže. Pitka voda iz javne vodovodne mreže koristi se za:

- tehnološki proces proizvodnje piva (ugradnja u proizvod, pranje i dezinfekcija, laboratorij)
- prateće energetske procese (priprema kotlovske vode, kondenzacija amonijaka, hlađenje zračnih kompresora),
- sanitarne svrhe zaposlenika tvornice,
- restoran.

U određenim fazama procesa proizvodnje voda se reciklira (hlađenje sladovine/sakupljanje vruće vode/ponovno ukomljavaње; recirkulacija vode u pralici boca) čime se povećava učinkovitosti procesa i smanjuje hidrološko, toplinsko i kemijsko opterećenje otpadnih voda.

U tablici je prikazana ukupna potrošnja vode u Karlovačkoj pivovari za 2006., 2007. i 2008.godinu. Podaci su preuzeti iz internih praćenja mjesečne potrošnje vode u Karlovačkoj pivovari.

**Tablica 1.** Potrošnja vode u 2006., 2007. i 2008. godini.

POTROŠNJA VODE	GODINA		
	2006	2007	2008
Ukupna (m <sup>3</sup> )	545.292	470.665	688.359
Po jedinici proizvedenog piva (hl/hl)	5,55	6,15	6,84

**Tablica 2.** Potrošnja vode u pojedinim dijelovima postrojenja u 2008. godini.

Porijeklo vode	Upotreba u radu postrojenja	Potrošnja tehnološke i pitke vode*			
		Min (m <sup>3</sup> /mj)	Max (m <sup>3</sup> /mj)	m <sup>3</sup> /god.	l/l proizvoda
Gradski vodovod	Proizvodnja sladovine	7.403	27.418	169.071	1,68
	Fermentacija	3.437	11.158	78.497	0,78
	Filtracija	2.291	8.289	52.331	0,52
	Punionice	10.884	38.257	248.574	2,47
	Kotlovnica	4.274	14.825	97.618	0,97
	Rashladna stanica				
	Stanica komprimiranog zraka				
	Ostalo	1.851	9.086	42.268	0,42
<b>SVEUKUPNO 2008</b>				<b>688.359</b>	<b>6,84</b>

Potrošnja vode za tehnološki proces proizvodnje piva

Na osnovu podataka o normativu potrošnje u tehnološkom procesu te ukupne potrošnje vode u 2008. godini za tehnološki je proces proizvodnje utrošeno 548.473 m<sup>3</sup> vode.

Potrošnja vode za prateće energetske procese

Na osnovu podataka o normativu potrošnje u pratećim energetske procesima te ukupne potrošnje vode ukupno je za energetske procese utrošeno 97.618 m<sup>3</sup> vode.

Potrošnja vode za sanitarne svrhe zaposlenika tvornice

Sanitarne - fekalne otpadne vode nastaju kao posljedica korištenja vode zaposlenih radnika za higijenske potrebe, a nastaju u sanitarnim čvorovima i restoranu. Njihova količina procijenjena je prema broju zaposlenih radnika. Izračun godišnje količine nastale sanitarne otpadne vode za Karlovačku pivovaru izveden je proračunom dnevne potrošnje vode radnika u Pivovari iz standardnog utroška vode (ES). Standardni utrošak vode po osobi od 200 l na dan (prema Zakonu o hrani NN 117/03, 130/03 i 48/04 i Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće NN 182/04) pomnožen sa brojem zaposlenih te pomnožen koeficijentom 0,5 (pola dnevnog utroška) dovodi do količine dnevne potrošnje vode od maksimalno 38,7 m<sup>3</sup> dnevno ili ukupno 10.100 m<sup>3</sup> vode godišnje (u 261 radnih dana u 2008.).



### Potrošnja za potrebe restorana

Potrošnja vode u restoranu proračunata je na bazi broja dnevnih obroka, dana rada kuhinje u 2008. godini i Euro normom EN 1825 prema kojoj specifična potrošnja vode za pripremu jednog obroka iznosi 50 l (tablica 3).

**Tablica 3.** Proračun potrošnje vode u restoranu

Broj obroka dnevno (prosjek)	200
Specifična potrošnja vode po obroku	50 [l/obrok]
Specifična potrošnja vode po obroku	10.000 [l]
Dnevna potrošnja vode u restoranu	10 [m <sup>3</sup> ]
Broj dana rada u 2008.godini rada restorana	261[dan]
<b>Ukupna potrošnja vode u restoranu u 2008. godini</b>	<b>2.610 [m<sup>3</sup>]</b>

### **1.3.2 Proizvedene otpadne vode Karlovačke pivovare**

#### Sanitarne otpadne vode

Sanitarne otpadne vode nastaju kao posljedica korištenja vode zaposlenih radnika za higijenske potrebe, a nastaju u sanitarnim čvorovima i restoranu. Njihova količina procijenjena je prema broju zaposlenih radnika i količini dnevne potrošnje vode te iznosi maksimalno 40 m<sup>3</sup> dnevno ili ukupno oko 10.440 m<sup>3</sup> vode godišnje.

#### Tehnološke otpadne vode

Opterećenje otpadnih voda štetnim tvarima je različito ovisno o fazi procesa proizvodnje piva. Kod povratnih boca ili bačvi, otpadna voda iz linije za pakiranje ima visoku vrijednost BPK uslijed ispiranja ostataka piva iz vraćenih boca/bačvi. Otpadna voda sa linije za pranje boca sadrži organske supstance od ljepila i etiketa, dok se iz procesa čišćenja (npr. iz CIP sistema) ispuštaju otpadne vode koje sadrže kaustična sredstva, kiselinu i deterdžent. Otpadne vode koje nastaju tijekom procesa cijedenja komine i bistrenja sladovine imaju povećane vrijednosti KPK, BPK<sub>5</sub>, dušika, fosfora i suspendiranih tvari, uz velika variranja temperature. S druge strane pri procesu fermentacije i filtracije nastaje svega oko 3 % od ukupne količine otpadne vode koja nastane u pivovarama, ali ta voda sadrži 97 % organskog opterećenja BPK<sub>5</sub>.

U tehnološkom procesu pojavljuju se tri recirkulacijska kruga vode:

- Kondenzati - vode za potrebe energetskog odjela djelomično je kondenzat pare, a drugim dijelom je svježja vodovodna voda.
- Rashladna voda - vruća voda zagrijana u procesu hlađenja sladovine koristi se za komljenje idućih šarži.
- Otpadne vode od predopravanja i ispiranja u pralici boca - ove otpadne vode nastaju cijedenjem sa opranih boca u pojedinom, rezervoaru pralice i pogodne su za prethodno namakanje ulaznih prljavih boca. Finalne otpadne vode pralice boca koriste se za pranje ulaznih nosiljki.

Oborinske vode

Oborinske vode prikupljaju se sa asfaltiranih, betoniranih površina i sakupljaju oborinskom kanalizacijom. Oborinske vode s krovnih površina sakupljaju se vertikalnim odvodima te odvođe u oborinsku kanalizaciju. Dio oborinskih voda odvodi se s tehnološkim i sanitarnim vodama u gradsku kanalizaciju dok se dio uvjetno čistih oborinskih voda ispušta u Pivovarski potok.

Količine oborinskih voda variraju ovisno o količini padalina te površini s kojih se prikupljaju. Izgrađenost površina objektima iznosi manje od 30%, asfaltirane i betonirane površine obuhvaćaju dodatnih 40% površine dok zelene površine obuhvaćaju oko 30% površine. Iz svega navedenoga, proizlazi da postojeći sustav odvodnje oborinskih voda zbrinjava oborinske vode sa oko 70% površine Pivovare.

Količine i sastav otpadnih voda

Ukupne količine otpadnih voda kao i protok u 2007. i 2008. godini u Karlovačkoj pivovari navedeni su u tablici 4.

**Tablica 4.** Količine i protok otpadnih voda u Karlovačkoj pivovari.

Oznaka mjesta ispuštanja	Mjesto nastanka otpadnih voda	Ukupna prosječna dnevna količina (m <sup>3</sup> )		Protok (m <sup>3</sup> /h)	
		2007	2008	2007	2008
V1	Karlovačka pivovara	1.427,12	2.176,42	59,46	90,68

Količina otpadnih voda po količini proizvedenog piva u razdoblju od 2006.- 2008. iznosila je 0,41 – 0,53 m<sup>3</sup>/hl proizvedenog piva.

#### 1.4 Uređaj za obradu otpadnih voda i rekonstrukcija sustava odvodnje

U cilju usklađivanja sa zakonskom regulativom u Karlovačkoj pivovari pristupilo se izgradnji uređaja za obradu otpadnih voda i rekonstrukciji sustava odvodnje. U tu svrhu, ishođeni su lokacijska dozvola za gradnju uređaja za obradu otpadnih voda i lokacijska dozvola za gradnju sustava odvodnje. Upravni odjel za komunalno gospodarstvo, uređenje prostora i zaštitu okoliša grada Karlovca izdao je potvrdu glavnog projekta za uklanjanje starog i gradnju novog sustava odvodnje dana 13.09 2010. godine i potvrdu glavnog projekta za gradnju uređaja za obradu otpadnih voda, dana 02.06.2009. godine, dok su Hrvatske vode izdale vodopravne uvjete dana 15.09.2008. godine.

Dimenzioniranje uređaja za biološko pročišćavanje tehnoloških otpadnih voda provedeno je uzevši u obzir godišnji kapacitet proizvodnje (900.000 hl/god.) i planirano povećanje 2020. godine od 1.500.000 hl/god. Dimenzioniranje je polazilo od godišnje proizvodnje tijekom 2007. godine kada je proizvedeno 765.000 hl piva. Trenutni proizvodni kapacitet iznosi 1.000.000 hl.

Uređaj za pročišćavanje tehnološke otpadne vode projektiran je za kapacitet od 3.160 m<sup>3</sup>/dan, s ulaznim opterećenjem uređaja BPK<sub>5</sub> od 2.500 mg/l, a izlaznim opterećenjem za isti protok od BPK<sub>5</sub> od 250 mg/l. Kao tehnologija odabran je uređaj za biološko pročišćavanje tehnoloških otpadnih voda (UASB reaktor) u skladu s karakteristikama otpadnih voda pivovare koji je ujedno i najbolja raspoloživa tehnika.

Nadalje, dimenzioniranje uređaja i projektna dokumentacija izrađeni su u skladu s posebnim uvjetima za građenje uređaja za obradu otpadnih voda izdanim od strane Upravnog odjela za komunalno gospodarstvo, uređenje prostora i zaštitu okoliša grada Karlovca.

Kontrola količine i kvalitete otpadne vode provodit će se na izlazu iz Karlovačke pivovare na kontrolno mjernom oknu KMO prije priključenja na javni kolektor u koji će se ugraditi uređaj za mjerenje protoka vode i za automatsko uzimanje uzoraka pri promjeni protoka vode. Rekonstrukcijom sustava odvodnje odvojiti će se tehnološke otpadne vode od sanitarnih i oborinskih otpadnih voda.

### **1.5 Postojeće stanje izgradnje uređaja za obradu otpadnih voda i rekonstrukcije sustava odvodnje Karlovačke pivovare d.o.o.**

Uređaj za obradu otpadnih voda Karlovačke pivovare je izgrađen, ali nije u funkciji. Lokacija uređaja prikazana je na prostornom rasporedu postrojenja u točki 2. ovog dokumenta. Trenutno se na lokaciji postrojenja provodi rekonstrukcija cjelokupnog sustava odvodnje.

S danom podnošenja ove dokumentacije situacija na rekonstrukciji sustava odvodnje je sljedeća:

- dovršena je izgradnja faze I i faze II (spoj na gradski kolektor, kontrolno mjerno okno, crpna stanica Pivovara, cjevovodi gradski kolektor- crpna stanica, crpna stanica – uređaj za obradu otpadnih voda , spoj internog kolektora i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda), dobivena je uporabna dozvola te su faze I i II puštene u rad. Faznost izvedbe sustava odvodnje prikazana je na slici 1.,
- započeli su radovi na fazama III, IV i V su privedeni kraju te se priprema prespoj objekata,
- početak probnog rada uređaja predviđen je za svibanj 2011.,
- započeli su radovi na fazi VIII.



Planirana je ugradnja sita s promjerom otvora 1 mm sa kojega će se nakupljeni materijal uklanjati rotacijskim vijkom. Rotacioni vijak imat će sposobnost prešanja, odn. cijedenja vode do 40%. Idejnim projektom predviđeno je da se tehnološka otpadna voda gravitacijskim cijevima dovodi do podzemnog prepumpnog okna volumena oko 61 m<sup>3</sup>. Okno prepumpne stanice bit će podijeljeno u dvije komore koje će biti izvedene od nepropusnog betona. Na pregradnom zidu zadržavati će se slučajno ispuštena ulja koja bi mogla poremetiti postupak daljnje obrade vode. Planirana je izgradnja spremnika za izjednačenje/neutralizaciju. Zapremina spremnika za izjednačenje/kiseljenje predviđena je za maksimalno hidrauličko vrijeme zadržavanja od 12 sati. Ovo vrijeme zadržavanja potrebno je za izjednačenje protoka, pH, temperature i organskog opterećenja. Podvodna miješalica instalirat će se tako da osigura dovoljno miješanje u spremniku za izjednačenje/kiseljenje. pH i temperaturu spremnika za izjednačenje/kiseljenje neprestano će pratiti uređaj koji uključuje alarm kod visoke i niske razine.

U slučaju velike nesreće/nezgode ručno se mogu dozirati kiselina ili kaustična sredstva u spremnik za izjednačenje/kiseljenje. Kaustična sredstva ili kiselina dozirat će se kod najniže operativne razine vode.

Razina spremnika za izjednačenje/kiseljenje mjerit će se, a alarm će se uključiti kod visoke i niske razine.

Spremnik za izjednačenje/kiseljenje ima mogućnost preljeva u slučaju opasnosti u bazen za reaeraciju.

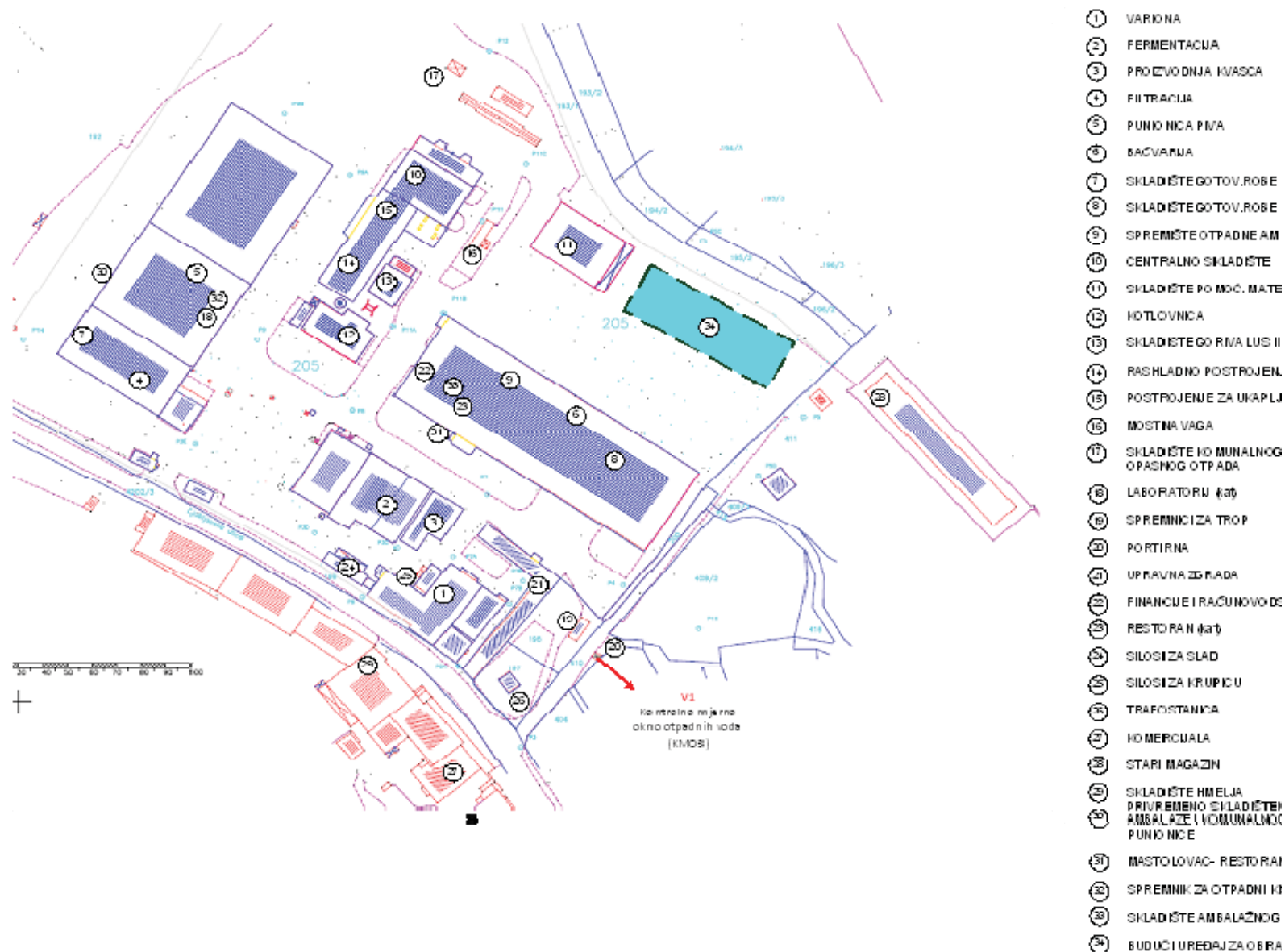
Hidrauličke vršne vrijednosti otpadnih voda pivovare bit će izjednačene.

Spremnik uzlaznog anaerobnog sloja mulja (UASB) će biti napravljen za maksimalnu volumetričku brzinu opterećenja od 8 kg KPK/m<sup>3</sup> dnevno. Bio plin, mulj i voda odvajati će se zasebno trofaznim mehanizmom za bistrenje. Pročišćene otpadne vode preljevat će se u spremnik za anaerobne pročišćene otpadne vode, dok će dio oteći natrag u spremnik među crpke. Temperatura ulazne vode UASB spremniku mjeri se, (uključujući alarm) kao i pH i temperatura otpadnih voda u spremniku anaerobnih pročišćenih otpadnih voda. Ovim mjerenjem može se kontrolirati pH ulaznih otpadnih voda u UASB spremnik. Visoka temperatura ulazne vode u UASB spremnik i/ili pročišćene otpadne vode u UASB spremniku (u određenom vremenskom periodu) zaustavlja UASB. U slučaju visoke razine u spremniku za izjednačenje/uravnoteženje i kad je ventil još uvijek zatvoren, otpadne vode protjecat će preljevom za slučaj opasnosti u bazen za reaeraciju. pH u spremniku za izjednačenje/uravnoteženje trebalo bi korigirati ručno prije nego se nastavi s uobičajenim radom postrojenja. Protok do UASB spremnika može se mjeriti za potrebe finog podešavanja, osobito tijekom pokretanja procesa. Bioplin će se sagorijevati u zatvorenom plameniku za bio plin ili će se, kad bude moguće, slati u parni kotao za ponovnu upotrebu. Priključci za buduću upotrebu bio plina su uključeni u opremu. Mjerit će se protok bio plina. Bit će osiguran alarm za nizak protok (npr. kod curenja, začepjenja, smanjene učinkovitosti uklanjanja) i visok protok (npr. kod vršnog opterećenja i ispiranja mulja). Mulj se crpi progresivnom kavitacijskom crpkom (mamut crpka) iz skladišnog spremnika zrnastog mulja do komore s filter prešom. Crpka je opremljena pretvaračem frekvencije da bi se kontrolirao kapacitet. Na usisnoj strani progresivne kavitacione pumpe dozira se poseban agens za zgrušavanje, kako



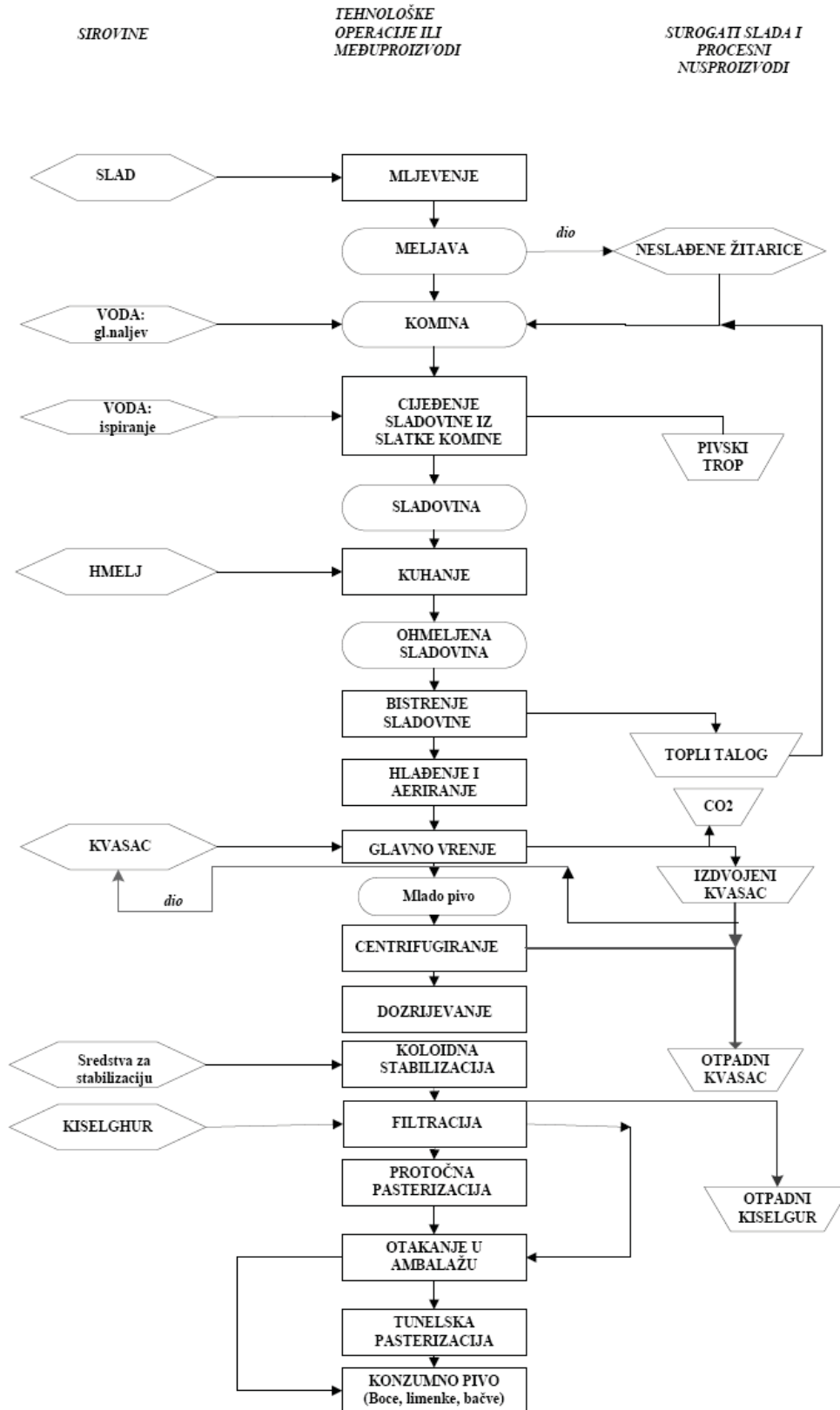
bi se optimizirao proces cijedenja. Agens za zgrušavanje miješat će se s muljem unutar cijevi. Koncentracija doziranog agensa za cijedenje je 4 - 6 g po kg suhe tvari. Mulj će se crpiti u skladišni spremnik zrnastog mulja. Ovaj skladišni spremnik ima korisnu zapreminu od  $V=270 \text{ m}^3$  za skladištenje dnevnog viška mulja, tj. za 12 dana. Prostorija sa centrifugalnim dekanterom predviđena je za proces cijedenja mulja. Ona će reducirati količinu vode u mulju. Koncentracija mulja unutar skladišnog spremnika zrnastog mulja je između 3 – 5 %. Nakon procesa cijedenja, koncentracija će biti 25 %. Dehidrirani mulj pod utjecajem gravitacije izlazi ispod dekantera te ga je moguće transportirati pužnim konvejerom izvan zgrade u komunalni kontejner. U pužni konvejer moguće je dozirati živo vapno čime se mulju oduzimaju neugodni mirisi, mulj se time ujedno sanitira i postaje biološki neaktivan te time spreman za promptni odvoz na komunalnu deponiju. Jedan od mogućih načina je da se dehidrirani mulj, sa ili bez tretmana vaponm, sprema u plastične spremnike zapremine  $V=1,0 \text{ m}^3$  i skladišti u skladištu dehidriranog mulja, te se povremeno odvozi na sanitarni deponij. Nakon kemijske analize dehidriranog mulja utvrdit će se podesnost mulja za korištenje u postupku kompostiranja.

## 2 PLAN S PRIKAZOM LOKACIJE ZAHVATA S OBUHVATOM CIJELOG POSTROJENJA (SITUACIJA)



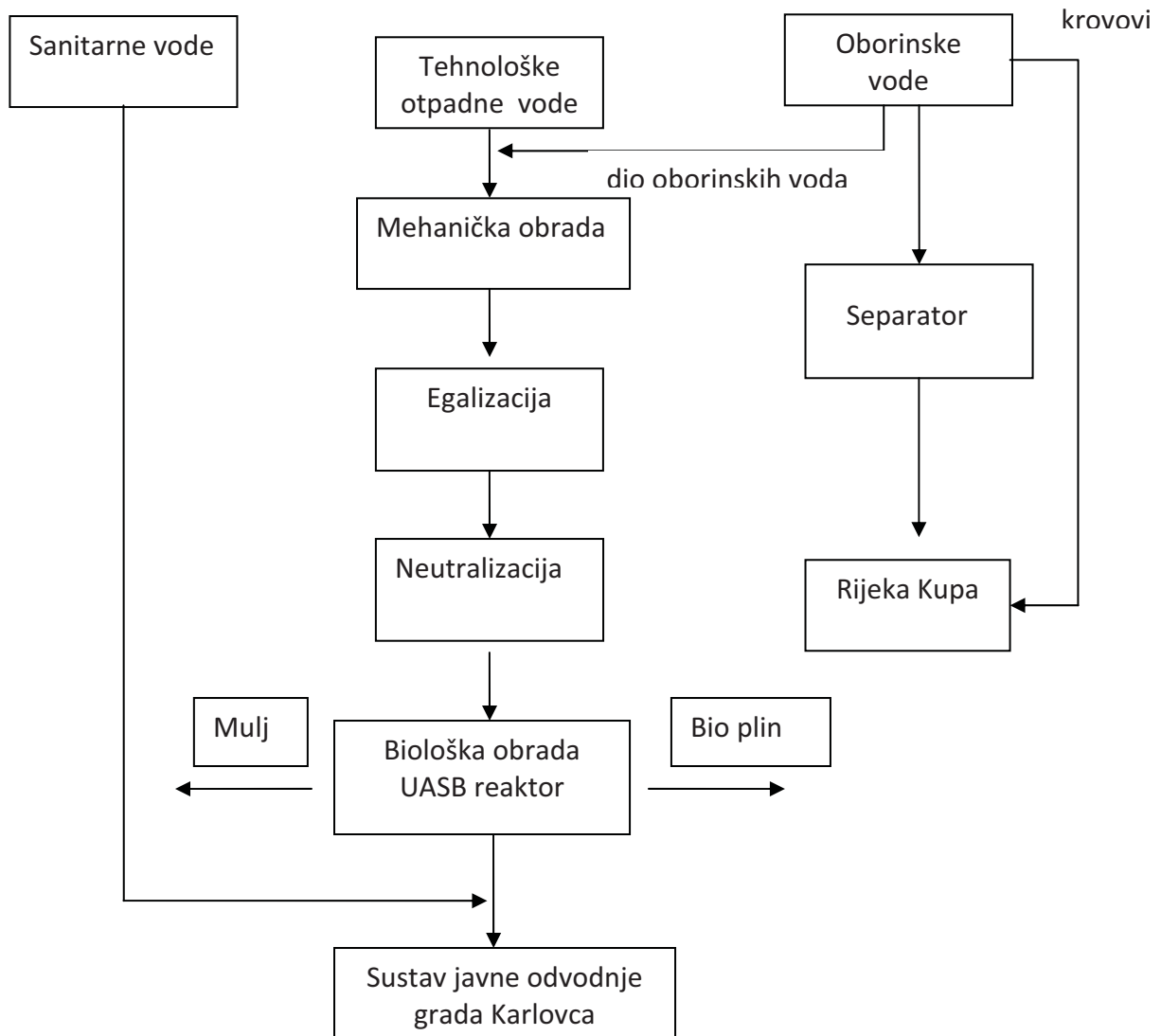
### 3 PROCESNI DIJAGRAM TOKA

#### 3.1 Procesni dijagram proizvodnog procesa





### 3.2 Procesni dijagram obrade otpadnih voda



## 4 PROCESNA DOKUMENTACIJA POSTROJENJA

- Karlovačka pivovara d.o.o (2007): Operativni plan intervencija u zaštiti okoliša (amonijak), br. dokumenta ZA 2743-OP
- Karlovačka pivovara d.o.o (2007): Operativni plan intervencija u zaštiti okoliša (mazut), br. dokumenta ZA 27386-OP, 2007. godina
- Karlovačka pivovara d.o.o (2009): Plan za izvanrednu situaciju - Eksplozija prašine u silosima – SIMULACIJA, br. dokumenta PL-10.03102
- Karlovačka pivovara d.o.o (2011): Pravilnik o radu i održavanju objekata za odvodnju i uređaja za obradu otpadnih voda Karlovačke pivovare
- Karlovačka pivovara d.o.o (2011): Pravilnik o zbrinjavanju svih vrsta otpada iz tehnoloških procesa i mulja iz procesa otpadnih voda
- Karlovačka pivovara d.o.o (2005): Pravilnik o provedbi mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja
- Factory model električna energija 2008
- Factory model toplinska energija 2008
- Interplan d.o.o. (2002): Studija o utjecaju na okoliš objekata odvodnje i pročišćavanja oborinskih i otpadnih voda Karlovačke pivovare
- Ant d.o.o. (2008): Elaborat zaštite okoliša za zahvat „Rekonstrukcija sustava odvodnje i izgradnje uređaja za biološko pročišćavanje tehnoloških otpadnih voda Karlovačke pivovare
- Vodovod i kanalizacija d.o.o. (2008): Godišnje Izvješća o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće
- ZZJZ karlovačke županije (2008): Izvješće o praćenju kakvoće zraka na području grada Karlovca za 2007. godinu, br. 05/318-2008
- Hrvatske vode (2009): Izvještaj o stanju voda u Republici Hrvatskoj u 2009.

## **5 OSTALA DOKUMENTACIJA**

1. Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07)
2. Uredba o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08)
3. EC (2006): Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries
4. World Bank Group (2007): Environmental, Health, and Safety Guidelines for Breweries
5. Environmental Protection Agency Ireland: BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Brewing, Malting & Distilling Sector
6. Brewers of Europe (2002): Guidance Note for establishing BAT in the brewing industry