

# OTPADNE VODE INDUSTRIJE PIĆA NA PRIMJERU JAMNICE PLUS D.O.O.

---

Škevin, Daniel

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:380494>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Daniel Škevin

**Otpadne vode  
industrije pića na primjeru  
Jamnice plus d.o.o.**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Daniel Škevin

**Beverage production waste water on  
example Jamnica plus d.o.o.**

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Daniel Škevin

**Otpadne vode industrije pića na  
primjeru  
Jamnice plus d.o.o.**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
dr.sc. Peternel Igor

Karlovac, 2021.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Trg J.J.Strossmayera 9

HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579

## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički  
studij:..... (označiti)

Usmjerenje:.....  
Karlovac, .....

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student:..... Matični broj:.....

Naslov:.....

Opis zadatka:

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:  
obrane:

Predviđeni datum

.....

.....

.....

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## Predgovor

Inspiracija za pisanje ovoga rada proizlazi iz vlastite preferencije konzumiranja prirodnih mineralnih voda, a samim time i vlastitog nahođenja istraživanju koliko je zapravo bitno da sam proizvođački proces što manje zagađuje okoliš.

Zahvaljujem mentoru, dr.sc. Matusinović Zvonimiru na ukazanom povjerenju i pruženoj pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Od srca, ovom prilikom bi htio zahvaliti svojim roditeljima na pruženoj potpori za čitavo vrijeme mog studiranja.

## SAŽETAK

Početak 21. stoljeća razvija se svijest o važnosti očuvanja okoliša, uključujući vodu, ali taj se proces nastavlja i danas. Voda je osnovni resurs bez kojeg na Zemlji ne bi bilo života. To je najrasprostranjenija tvar u strukturi svih živih bića i pokriva veći dio Zemljine površine, čak 70,8%, dok je 29,2% kopno. To dokazuje koliko važnosti treba pridati očuvanje čistoće i zdravlja. Poljoprivreda i industrija trenutno su jedna od glavnih zagađivača vode. Prehrambena industrija temeljna je industrija za opstanak svih živih bića, ali također i industrija koja za svoj rad koristi velike količine vode, a obrađenu vodu vraća u prirodu. Stoga je važno pratiti kakvoću vode koja se koristi za proizvodnju hrane, ali i vodu koja se koristi u radu strojeva i otpadne vode vraćene u prirodu. Jamnica plus d.o.o. je proizvođač prirodnih mineralnih voda osnovan 1828. Jamnica ima dvije punionice, u Jani punionica prirodne izvorske vode Jana, a u Pisarovini punionica prirodne mineralne vode Jamnica. Kako i na koji način je upravljanje otpadnim vodama istraživačko pitanje ovog rada. Rad je zamišljen u nekoliko dijelova. Prvi je uvodni dio u kojem su detaljnije objašnjeni pojmovi otpadne vode i njihovi učinci. Slijedi razrada teme u kojoj su procesi gospodarenja otpadnim vodama tehnički i znanstveno definirani.

**Ključne riječi:** *otpadne vode, industrija hrane i pića, kontrola kvalitete vode*

**Key words:** *waste water, food and beverages industry, water quality control*

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	2
<b>2. IZVORI ONEČIŠĆENJA VODE</b> .....	<b>3</b>
2.1. Neotopive tvari.....	3
2.2. Topive tvari.....	3
2.3. Organske tvari .....	4
2.4. Toplinsko onečišćenje voda.....	4
2.5. Otrovne tvari .....	4
2.6. Radioaktivne tvari .....	5
3.7. Mikroorganizmi .....	5
<b>3. OTPADNE VODE</b> .....	<b>6</b>
3.1. Industrijske otpadne vode.....	8
3.2. Otpadne vode iz prehrambene industrije i industrije pića.....	9
3.3. Upotreba vode u industriji pića.....	10
3.4. Zakonski propisi o ispuštanju otpadnih voda.....	11
<b>4. PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U INDUSTRIJI PIĆA ...</b>	<b>13</b>
4.1. Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda .....	15
4.2. Mehanički postupci pročišćavanja .....	18
4.3. Biološki postupci pročišćavanja .....	18
4.4. Fizikalno-kemijski i kemijski postupci pročišćavanja .....	19



4.5. Mulj i prerada mulja .....	20
<b>5. OTPADNE VODE INDUSTRIJE PIĆA NA PRIMJERU JAMNICE PLUS D.O.O.....</b>	<b>22</b>
5.1. Prethodna obrada.....	23
5.2. Egalizacija .....	23
5.3. Tehnološka linija DAF (dissolved air flotation) sustava sa kemijskim stupnjem .....	24
5.4. Bioaeracijski bazen i bazeni sa membranskim modulima ....	26
5.5. Prihvat i obrada mulja.....	27
<b>5. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>30</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>31</b>
<b>7. PRILOZI .....</b>	<b>33</b>
7.1. Popis slika .....	33
7.2. Popis tablica .....	33

## **1. UVOD**

Poznato je da najstariji ostaci kanala i dijelovi za pročišćavanje otpadnih voda potječu iz 6000 godina prije Krista. Za vrijeme kralja Davida Jeruzalem je imao kanalizacijski sustav sličan današnjoj kanalizaciji. Još u davnim vremenima pokušavalo se pročistiti otpadne vode namakanjem u porozna tla (Grčka prije nove ere). Velike količine otpadnih voda stanovništva, industrije i kišnice iz urbanih područja odvodile su se u najbliži vodotok. Tako su postignuta dovoljna razrjeđenja, pa se smatralo najboljim i najjeftinijim načinom odvoženja otpadnih voda. Prvi uređaj za pročišćavanje vode za vodovod London City izgradio je James Simpson 1829.-1839., a radio je na principu filtriranja otpadnih voda kroz pijesak. Početkom 19. stoljeća Engleska je bila zemlja s najvećim brojem stanovništva i najrazvijenijom industrijom. 1989. godine imenovano je Kraljevsko povjerenstvo za zbrinjavanje otpada kako bi identificiralo ključne pokazatelje koji određuju kvalitetu vode i razvilo postupke pročišćavanja otpadnih voda prije ispuštanja u vodotoke. Razvoj naselja i povećanje standarda stanovništva uzrokuju zagađenje čovjekova okoliša, a među najteže oblike zagađenja svakako ubrajamo zagađenje vode.

Povećava se potrošnja vode za različite potrebe, što uzrokuje povećanje količine otpadnih voda. Ovaj trend povećanja onečišćenja vode značajno ugrožava čovjekov okoliš. Voda za piće sve je više zagađena otpadnim vodama.

### **1.1. Predmet i cilj rada**

Cilj ovoga rada je istražiti kako i na koji način industrija pića postupa i kako gospodari otpadnim vodama proizašle iz njihove primarne gospodarske aktivnosti. Prehrambena industrija (proizvodnja hrane i pića) u usporedbi s

drugim granama prerađivačke industrije u Hrvatskoj, ostvaruje najveći ukupni prihod i zapošljava najviše ljudi.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Podaci u ovom završnom radu prikupljeni su analizom tehničke dokumentacije Jamnice plus d.o.o. sa sjedištem u glavnom gradu Zagrebu u Hrvatskoj, adresa je Getaldićeva ulica 3. Jamnica je najveći hrvatski proizvođač mineralnih voda i bezalkoholnih pića već 190 godina. Tijekom posljednjih 25 godina maštovitim je ulaganjem u modernizaciju, razvoj i nove tehnologije dosegao poziciju među najmodernijim europskim proizvođačima mineralnih voda i bezalkoholnih pića. Pri izradi ovog završnog rada korištena je metoda proučavanja i dokumentacije tvrtke Jamnica plus d.o.o. Proces proučavanja dokumentacije u ovom završnom radu usredotočio se na industrijska postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Proučavanje dokumentacije uključuje prikupljanje i obradu svih pisanih materijala koji se odnose na biološka postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

## 2. IZVORI ONEČIŠĆENJA VODE

Onečišćenje vode predstavlja svaku fizikalnu, kemijsku ili biološku promjenu kakvoće vode. Promjena kakvoće vode ima štetno djelovanje na sve organizme te vodu čini neupotrebljivom za određenu namjenu. Postoji više načina kako se prirodne vode mogu zagaditi, i zbog toga imaju različit utjecaj na vodeni sustav i njegove biološko-ekološke značajke vodenog sustava. Potencijalni izvori oštećenja su tvari koje se ispuštaju i prirodne vodotoke, i one mogu potjecati od više izvora poput [1]:

- Neotopivih tvari
- Topivih tvari
- Organskih tvari
- Toplinskih onečišćenja
- Otrovnih tvari
- Radioaktivnih tvari
- Mikroorganizama.

### 2.1. Neotopive tvari

Pod neotopive tvari možemo navesti suspenziju, taložive tvari, koloidno raspršenu te plivajuću tvar. Te tvari nemaju karakteristiku daljnje razgradnje, ali nisu ni otrovne zbog toga. One imaju indirektno negativan utjecaj zbog onemogućavanja prodora svijetla koji smanjuje proizvodnju u ekosustavu koja je uzrok manje količine kisika. Nakon toga se može spomenuti i drugi utjecaj, a to je ugrožavanje dišnog sustava viših organizama. Neotopive tvari se talože na ribljim škrkama i izaziva uginuće riba. Također, plutajuće neotopive tvari stvaraju opnu te sprečavaju prirodni pristup kisika u vodu iz atmosfere.[1]

### 2.2. Topive tvari

Anorganske tvari su najčešće topive tvari koje su rijetke u visokim koncentracijama. Topive tvari uništavaju život je organizmi i ekosustavu nisu

prilagođeni na njih. Moguće je da se određen broj organizama privikne na četiri anorganske tvari, pa se one mogu pojaviti u visokim koncentracijama, poput [1]:

- Sol (kalcijev klorid)
- Željezo (željezovide vode, česta pojava)
- Sumpor (sumporna voda)
- Karbonati (tvrdoća vode ja karakteristična).

### **2.3. Organske tvari**

Organske tvari podrazumijevaju visokomolekularne organske spojeve koje su najstariji onečišćivači tvari u vodi, a koje potječu od biljki, ljudi i životinja poput ugljikohidrata, bjelančevina i masti. Izvori takvih onečišćenja se nalaze u gradskim vodama, i industrijskim otpadnim vodama i dolaze iz prirodnih okoliša. Njihova prisutnost je stalan oblik onečišćenja prirodnih voda te najviše utječu na smanjene količine kisika u vodnom ekosustavu. [1]

### **2.4. Toplinsko onečišćenje voda**

Fizikalno onečišćenje toplinom se podrazumijeva pod toplinskim onečišćenjem voda, koje je posljedica ispuštanje toplih voda iz energetskih ili industrijskih objekata. Temperatura ima veliki utjecaj na cijeli ekosustav, kao i sunce, jer ubrzava neke ekološke procese, dok neke zaustavlja. [1]

### **2.5. Otrovne tvari**

Pod otrovne tvari možemo ubrojiti teške kovine poput Hg, Cu, Pb, Cd, Zn..., koje dospijevaju u prirodne vode putem ispiranja zemljišta i otapanja minerala, ali najviše putem industrijskih otpadnih voda. One predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje i u malim količinama. [1]

## **2.6. Radioaktivne tvari**

Radioaktivne tvari u vodu dolaze putem procesa koji su kemijski i biokemijski te se ugrađuju u biomasu hranidbenog lanca. Posljedice dospijeća radioaktivnih tvari u prirodne vode su mutagena i genetska oštećenja organizama. [1]

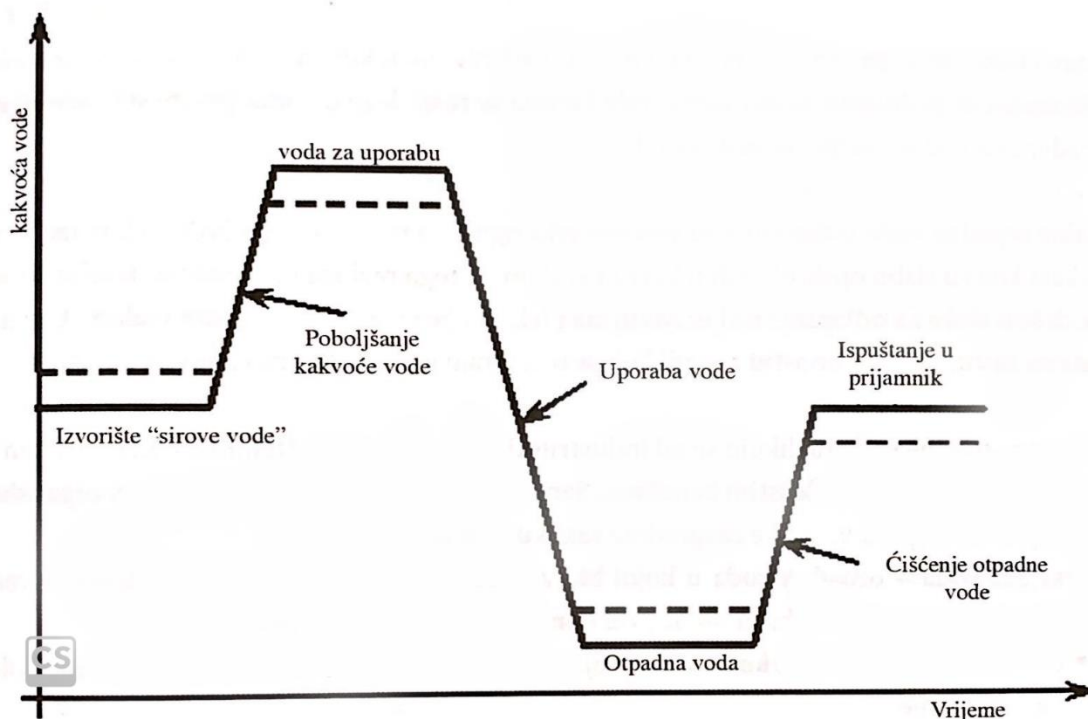
## **3.7. Mikroorganizmi**

Izuzev mikroorganizama čije je stanište prirodna voda, još se mogu naći i mikroorganizmi koji dolaze u otpadnim vodama. Takvi mikroorganizmi se hrane organskom tvari iz otpadnih voda jer one sadržavaju brojne organske i anorganske tvari. Takve tvari su dobar izvor energije i ugljika mnogim heterotrofnim mikroorganizmima. [1]

### 3. OTPADNE VODE

Otpadna voda se podrazumijeva kao voda koja je bila korištena u procesu koji je uzrok degradacije njihove kvalitete. Zbog toga se te vode više ne smiju koristiti ili ispuštati u okoliš ako ne prođu odgovarajuću obradu.[2]

Dio procesa hidrološkog ciklusa predstavljaju otpadne vode. To znači da se vraćaju u prirodni okoliš nakon tretmana pročišćavanja kroz kanalizacijski sistem. [3] Otpadne vode uzrokuju promjene fizikalne, kemijske i biološke značajke nastankom upotrebom vode iz raznih vodoopskrbnih sustava u svrhu određenih namjena. Čovjekove intervencije u hidrološkom ciklusu predstavljaju zahvate vode koja uzrokuje da se voda podvrgava ljudskom htijenju umjesto hidrološkom ciklusu. Neravnoteža u prirodi je iz tog razloga isključivo ljudska odgovornost, koja se ispravlja vraćanjem vode u hidrološki ciklus iste kakvoće kakvu je imala kada je bila preuzeta (slika 1). [1]



Slika 1: Primjena kakvoće vode uporabom [1]

Prema izvoru nastanka podjela otpadnih voda je slijedeća [4]:

- Komunalne otpadne vode
  - Uzrok je upotreba sanitarnih trošila (voda u kućanstvu, uredu, hotelu, javnom prostoru, objektu, industrijskom pogonu sa funkcionalnim industrijskim čvorovima namijenjenim radnicima i posjetiteljima)
  
- Industrijske otpadne vode
  - Uzrok je upotreba vode u proizvodnji te raznim procesima koji se odvijaju u industrijskom pogonu
- Oborinske otpadne vode
  - Uzrok je oborina i onečišćavanje u doticaju s površinom tla, nižem sloju atmosfere, prometnicama i slično.
- Poljoprivredne otpadne vode
  - Uzrok je utjecaj aktivnosti u poljoprivredi.

U nastavku je prikazana podjela otpadnih voda prema njihovom nastanku (tablica 1).

*Tablica 1: Vrste otpadnih voda prema nastanku [5]*

Vrste otpadnih voda	Izvor	Opis
<b>Komunalna otpadna voda</b>	Stambeni i poslovni objekti	Može biti razrijeđena pa sve do koncentrirana mješavina urina, kemikalija, fekalija, masnoća, papira, deterdženata i plastike iz industrija ili domaćinstva
<b>Industrijska otpadna voda</b>	Industrijski procesi i njihovo procjeđivanje	Može biti razrijeđena pa sve do koncentrirana mješavina emulzija koja se sastoji od nekoliko do mnogo biorazgradivih tvari



<b>Poljoprivredna otpadna voda</b>	Aktivnosti intenzivnih poljoprivreda (stočarstva, mljekarstva, klaonica)	Može biti razrijeđena pa sve do koncentrirana otopina biorazgradive tvari
<b>Oborinska voda</b>	Gradske, prigradske i seoske površinske slivne vode	Razrijeđena mješavina mineralne i organske krutine i otopljene soli, nutrienata te tvari u tragovima

### 3.1. Industrijske otpadne vode

Postoje različiti tehnološki procesi koje industrija koristi, tako se i otpadne vode razlikuju po svom sastavu iz pojedinih industrija. Industrijske otpadne vode se dijele na [6]:

- Biološki razgradive ili kompatibilne, one koje se miješaju s gradskim otpadnim vodama
- Biološki nerazgradive ili inkompatibilne, one koje se podvrgavaju određenim prethodnim postupcima pročišćavanja, prije miješanja s gradskom otpadnom vodom.

U slučaju kada se biološki nerazgradive vode priključuju na gradsku kanalsku mrežu, potrebno ih je pročititi prije priključivanja zbog [1]:

- Kontrole otrovne ili toksične te postojeane tvari koje se gomilaju u živim organizmima te sprečavaju biološku razgradnju
- Izdvajanja eksplozivnih, korozivnih i zapaljivih tvari koje uzrokuju oštećenje kanalizacijskih cijevi i objekata
- Uklanjanja inhibitora koji sprečavaju rad uređaja koji služe za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda.

Također, industrijske otpadne vode se također mogu podijeliti i na uvjetno čiste i onečišćene vode. Uvjetno čiste vode se ubrajaju u vode koje nisu

pretrpjele velike promjene kod fizičkih i kemijskih svojstava, iz tog razloga one se mogu uključiti u sustav gradske kanalizacije ili se mogu ispustiti u prijemnik bez prethodnih postupaka.

U slučaju kada se otpadna voda iz industrijskog pogona odvode u isti kanalizacijski sustav koji služi za pročišćavanje komunalne otpadne vode, dolazi do opterećenja koje se izražava „ekvivalentom stanovnika“ (ES) koji se izračunava prema pokazatelju BPK. U Hrvatskoj je prihvaćena vrijednost opterećenja od 60 g BPK<sub>5</sub> po stanovniku na dan. [1, 6]

### **3.2. Otpadne vode iz prehrambene industrije i industrije pića**

Tretman za otpadne vode iz prehrambenih industrija se koristi tehnologija ili flotacijska jedinica označena pod nazivom AS-FLOT. Navedena tehnologija se koristi za otpadne vode koje dolaze iz klaonice i industrije koje se bave preradom mesa, mljekare, sirane, pivovare, pogona za prerade biljnih ulja te životinjskih masnoća. Temelj principa rada AS-FLOT tehnologije su separacijski procesi. Separacijski procesi se koriste kako bi izdvojili dispergirane čestice poput suspendiranih tvari, ulja ili masnoća iz otpadnih voda. Prilikom procesa koji se odvija, dolazi flotacijske pjene koja je od vode lakša pa isplivava na površinu a uzrok tome je interakcija između čestica onečišćenja te finih mjehurića zraka. Pjena koja se nalazi na površini se može ukloniti zgrtačem i smjestiti u prihvatni spremnik. [7]



*Slika 2: Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u prehrambenoj industriji i industriji pića [7]*

Otpadna voda se sastoji od specifičnih čestica koje su organskog porijekla i njihovo se prisustvo može očitati kroz povišenu koncentraciju KPK i BPK<sub>5</sub>, suspendiranih tvari, masti i ulja. Česta promjena temperature vode je jedna od čestih karakteristika otpadnih voda koje dolaze iz prehrambenih industrija, najviše mesnih industrija. Mogućnost projektiranja dostave i montaže opreme ovisi o zahtjevnim izlaznim parametrima, za mehanički pred-tretman i biološko pročišćavanje otpadnih voda. Primjena biološkog tretmana otpadnih voda je potrebna u slučaju kada se pročišćene vode ispuštaju u prirodni recipijent. Kada je u pitanju sanitarna fekalna voda, na njoj se ne vrši tretman na flotacijskoj jedinici, nego se odvodi direktno u UPOV. [7]

### **3.3. Upotreba vode u industriji pića**

U industriji je uporaba vode različita, pa se međusobno razlikuju po sastavu. Tvrdoću vode čine različite molekularne nečistoće koje imaju katione kalcija i magnezija. Kationi se vežu za anione i tvore mineralne soli koje stvaraju tvrdoću vode. Ovisno o obliku u kojem su vezani, razlikuju se karbonatna, nekarbonatna i ukupna tvrdoća. [8]

Karbonatnu tvrdoću vode čine soli kalcija i magnezija. Zagrijavanjem vode koja sadrži kalcijeve i magnezijeve soli, ta se tvrdoća može ukloniti jer se kalcijeve i magnezijeve soli zagrijavanjem raspadaju. Nekarbonatnu tvrdoću vode čine kloridi, sulfati, nitrati i druge soli magnezija i kalcija. Te se soli ne mogu ukloniti zagrijavanjem, pa se zbog toga ta tvrdoća vrlo često naziva konstantnom. Ukupna tvrdoća jednaka je zbroju karbonatne i nekarbonatne tvrdoće. Tvrdoća vode izražava se količinom kalcijevog oksida i označava stupnjevima tvrdoće.

[1] Osnovna podjela otpadnih voda prema podrijetlu [9]:

- Kućanske (15%)
- Industrijske (35%)
- Oborinske (20%)
- Poljoprivredne otpadne vode (30%)

Sektor hrane i pića najveća je prerađivačka industrija u EU, koja je vodeća po zaposlenosti, sa 4,57 milijuna radnika. Sektor ostvaruje 1108 milijardi eura prihoda od prodaje u EU, čini 2,1% ukupne dodane vrijednosti (udio u RH 3,2%), a u njemu posluje 294.000 kompanija (99,1% SME). Potrošnja kućnog budžeta za hranu i piće iznosi 13,8%. Top 15 EU kompanija uložile su 2,9 mlrd. eura u istraživanje i razvoj. [10]

### **3.4. Zakonski propisi o ispuštanju otpadnih voda**

Što se tiče provedbe zaštite voda u Hrvatskoj, osnovni dokumenti su Zakon o vodama NN 107/95 i NN 150/05, Strategija upravljanja vodama NN 91/08, Nacionalni plan zaštite voda NN 8/99 i Pravilnik o graničnim vrijednostima opasnih i drugih pokazatelja tvari u otpadnim vodama NN 94/08, koje na nacionalnoj razini uključuju aktivne i pasivne mjere zaštite vode od onečišćenja.

Prema odredbama Nacionalnog plana za zaštitu voda NN 8/99, dopušteno je ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u površinske vodotoke (rijeke, potoci, melioracijski kanali) i more. Potrebni stupanj pročišćavanja prvenstveno ovisi o

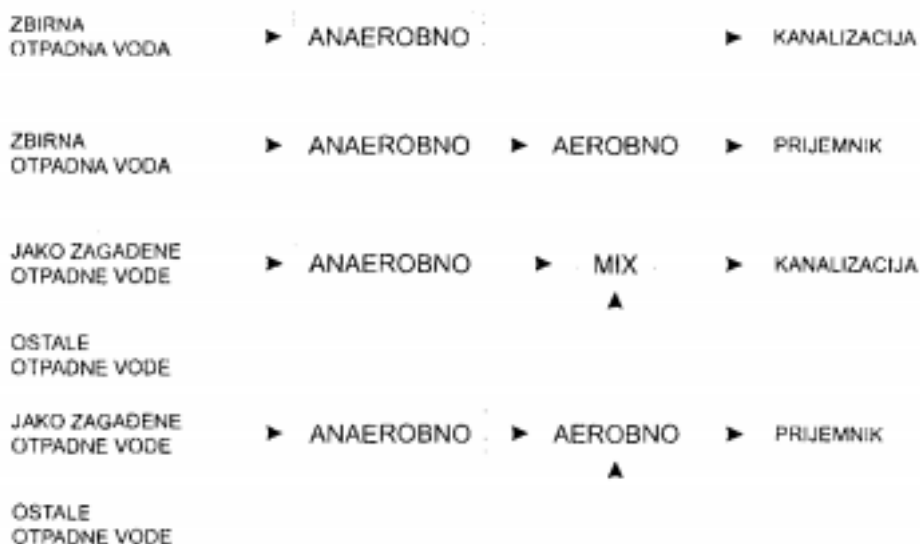
propisanoj kategoriji prijemnika (vodotok) u koji se ispušta pročišćena otpadna voda i o veličini pročištača. Kategorizacija vodotoka u Hrvatskoj definirana je Uredbom o razvrstavanju voda NN 77/98. [11,12,13,14]

Razvrstavanje voda određuje se na temelju graničnih vrijednosti pojedinih tvari i ostalih svojstava (pokazatelja) dopuštenih za određenu vrstu vode. Razlikuje se ukupno pet kategorija vode. Potrebno je uzeti u obzir tehnološke otpadne vode, ako na sveobuhvatnom području promatranog sustava postoje gospodarski subjekti (industrija). Tehnološke otpadne vode obuhvaćene su i Pravilnikom o graničnim vrijednostima za pokazatelje opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 94/08. Stoga za sve one koji tehnološke otpadne vode ispuštaju iz proizvodnih procesa postoji zakonska obveza za njihovo odgovarajuće zbrinjavanje, odnosno potreban stupanj pročišćavanja prije konačnog ispuštanja u javni kanalizacijski sustav ili drugi prihvat. [15,16]

## 4. PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U INDUSTRIJI PIĆA

Karakterizacija otpadnih voda i poznavanje zahtjeva zajednice (zakoni, propisi, pravila) temelj su za pronalaženje optimalnog rješenja problema otpadnih voda iz tvornica hrane i pića. Pročišćavanje otpadnih voda ovih industrija, s obzirom na veličinu otpada za koji se smatra da se ispušta neочиšćena otpadna voda, prije ili kasnije bit će nametnuto kao obavezno, a jedino će pitanje biti izbor načina pročišćavanja, poput prehrambene industrije, poput šećerana, koje pročišćavaju svoje otpadne vode (slika 3), dok velika većina naših postrojenja za hranu i piće, osim možda jednostavnih mehaničkih pred-tretmana (rešetke, sita), ne pročišćavaju svoje otpadne vode. U slučaju pročišćavanja, postoje dvije osnovne alternative, ovisno o tome ispušta li postrojenje otpadne vode [16]:

- u javnu kanalizaciju (takozvana neizravna onečišćujuća tvar), kada se djelomično pročišćavanje otpadnih voda mora provesti do razine onečišćenja dopuštene za ispuštanje u kanalizaciju
- izravno u otpadne vode (obično vodotok), kada se mora provesti cjelovita obrada, do druge koncentracije onečišćenja koja neće narušiti kvalitetu vode primatelja.



Slika 3: Mjesto anaerobnog pročišćavanja u procesu pročišćavanja otpadnih voda industrije [16]

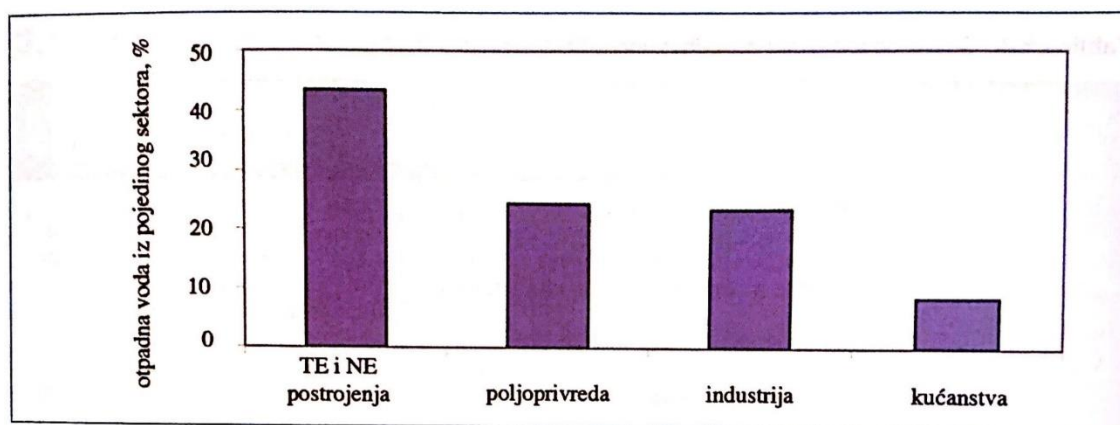
Daljnje alternative pročišćavanja, unutar kojih se uočava primjena anaerobnog postupka pročišćavanja kao što je prikazano na slici 3 su:

- obrada ukupne otpadne vode postrojenja (u slučaju biljke neizravne onečišćivače, primjenom aerobnog ili anaerobnog postupka; u slučaju izravnog zagađivača aerobnim postupkom i i anaerobni postupak),
- odvajanje jako zagađenih biljnih otpadnih voda i njihov odvojeni anaerobni tretman (neizravna onečišćujuća tvar) ili anaerobni / aerobni tretman (izravna onečišćujuća tvar).

Ispuštanje otpadne vode u prijemnike bez prethodnog pročišćavanja može izazvati niz neželjenih utjecaja poput [1]:

- opasnosti po ljudsko zdravlje
- štetnih posljedica na vodenim biljnim i životinjskim vrstama
- smanjenja mogućnosti iskorištavanja vode prijemnika
- širenja neugodnih mirisa
- narušavanja estetike krajolika.

Kada su u pitanju različite količine otpadnih voda, različite ljudske djelatnosti ih proizvode. Udio pojedinih subjekata u postotcima za gotovo sve visokorazvijene zemlje kreće se u granicama kako je prikazano na slici 4.

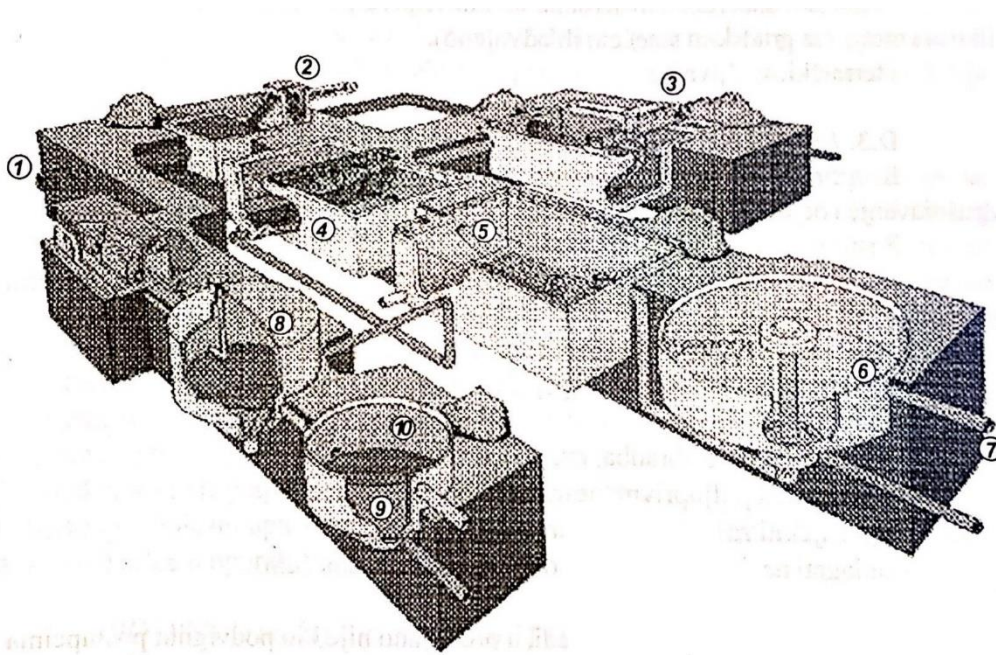


Slika 4: Udio pojedinih sadržaja u stvaranju otpadnih voda [1]

Ako uzmemo u obzir da veliki dio Hrvatske čini porozan kraški prostor, jedini način za očuvanje velikih zaliha pitke vode je pročišćavanje otpadnih voda. Turizam je temelj razvoja Hrvatske, uz proizvodnju zdrave i čiste ekološke hrane, tako da je održavanje čistoće rijeka, podzemnih voda, mora, močvarnih staništa i jezera uvjet za cjelokupni gospodarski razvitak. [17] Postupci kojim se provodi proces pročišćavanja otpadne vode jesu:

- mehanički postupci pročišćavanja
- biološki postupci pročišćavanja
- fizikalno-kemijski i kemijski postupci pročišćavanja
- mulj i prerada mulja.

#### 4.1. Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda



Slika 5: Uređaj za pročišćavanje [6]

Slika 5 prikazuje uređaj za pročišćavanje čiji tumač oznaka glasi:

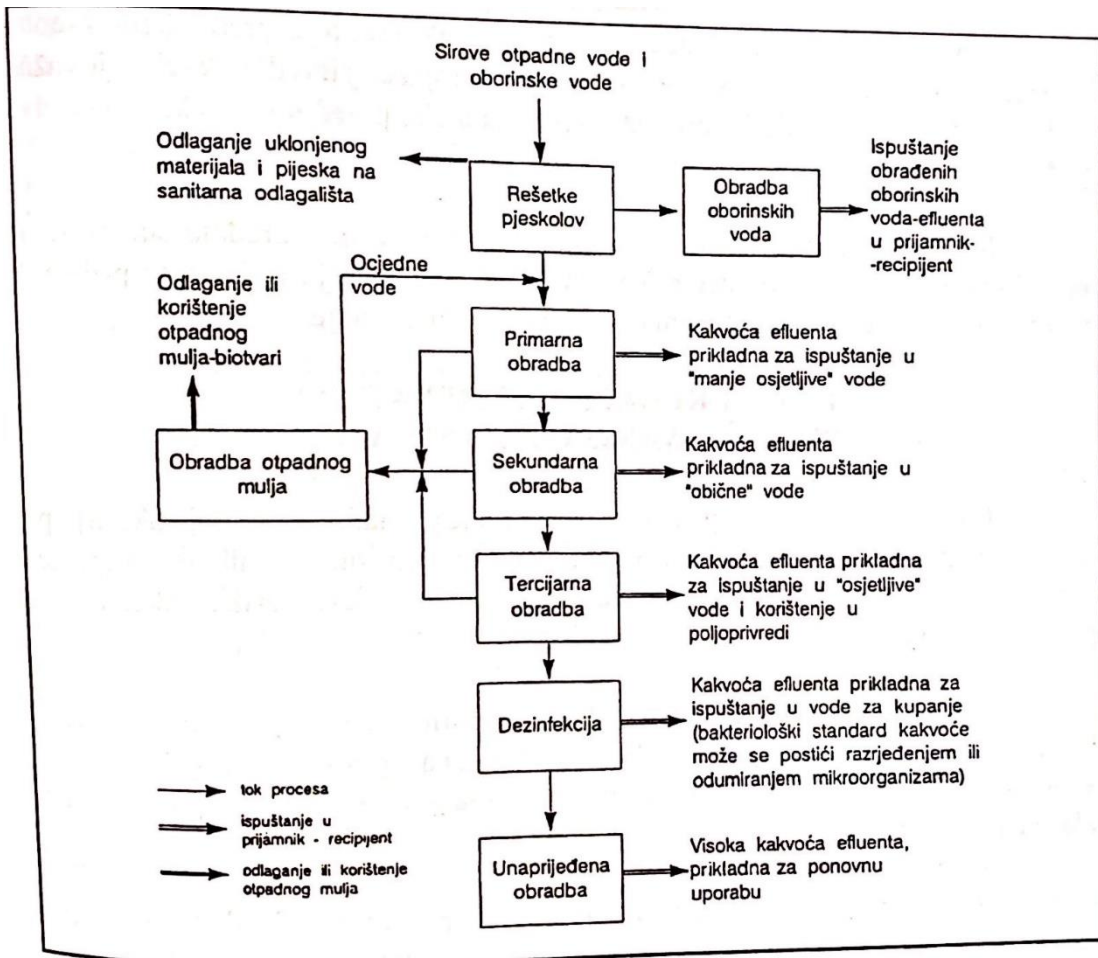
1. Dovod otpadne vode iz kanalskog sustava



2. Grubo pročišćavanje kroz sito, uklanjanje krupnih stvari što plivaju
3. Pjeskolov
4. Prethodni taložnik
5. Aeracioni bazen
6. Naknadni (kružni) taložnik
7. Izlaz pročišćene vode
8. Anaerobna obradba mulja (digestija)
9. Ostatak mulja (na deponiju ili na spaljivanje)
10. Oslobađanje plina

Plin (metan) iz digestora se upotrebljava za zagrijavanje ili preko generatora, za okretanje uređaja. Od 1-7 predstavlja liniju vode, dok od 8-10 predstavlja liniju mulja.

Utjecaj gradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda je sličan utjecajima gradnje bilo kojeg građevinskog objekta, dok o procesu rada (slika 6) ovisi utjecaj na okoliš.



Slika 6: Prikaz rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda [6]

Zbog biokemijskih, kemijskih i fizikalnih procesa kod razgradnje organskih tvari kod gradskih uređaja za pročišćavanje mogu se pronaći sljedeća dva biološka postupka:

- Aerobni
- Anaerobni

Kod navedena dva postupka nastaje tvar intenzivnog vonja, najviše kod postupaka anaerobne razgradnje bjelančevina i ugljikovodika. [6]

Kod postupka pročišćavanja otpadne vode, mogu se odrediti sljedeće skupine tvari u obliku plina koje oslobađaju miris, a to su [6]:

- Dušikov spoj (amonijaka, amina i skatola)
- Sumporni spoj (sumporvodika i merkaptana)
- Ugljikovodika (otapala)
- Drugi spojevi (organskih kiselina).

## **4.2. Mehanički postupci pročišćavanja**

Mehanički postupci pročišćavanja podrazumijevaju uklanjanje predmeta koji plivaju ili plutaju na površini vode i zadržavaju se u situ ili na rešetkama. Nakon toga dolazi taloženje pijeska te odvajanje lakih tvari koji isplivavaju. To se može događati u istom objektu istodobno u pjeskolovu-mastolovu ili odvojeno. Nužna je provedba navedenih postupaka, nazivaju se još i prethodni postupci pročišćavanja. [6]

## **4.3. Biološki postupci pročišćavanja**

Iskorištavanje aktivnosti makroorganizama, najčešće bakterija se provodi biološkim postupcima pročišćavanja, tako da se u dijelovima uređaja stvara ekosustav od više vrsta. Ekosustav se sastoji od grupa organizama koji su u različitim fazama razvoja koje ovise o sadržaji ili koncentraciji hrane, i o koncentraciji i starosti mulja. Postupci biološkog pročišćavanja se dijele na [6]:

- uređaji s aktivnim muljem – predstavlja biološki bazen s aktivnim muljem u lebdećoj fazi, odvaja mulj iz vode prije ispuštanja u prirodnu sredinu
- biološki filtri ili prokaptanci – predstavlja spremnik i ispune kamenom ili aktivnim ugljenom uz biološki obraštaj po površini ispune
- prirodni i ekonomičniji procesi – pročišćavanje otpadne vode u lagunama.

#### 4.4. Fizikalno-kemijski i kemijski postupci pročišćavanja

Fizikalno-kemijski i kemijski postupci pročišćavanja se sastoje od dva dijela [6]:

- Postupci bez kemijskih promjena sastojaka se provode sa:
  - Cijeđenjem (filtriranjem), propuštanjem kroz poroznu sredinu gdje se zadržavaju krute čestice i mikroorganizmi dok voda prolazi
  - Adsorpcijom na čvrstom adsorbensu (aktivni ugljen)
  - Ozračivanjem, provođenjem plina iz plinovite faze u tekuću ili obrnuto
  - Inverznom osmozom, izdvajanjem otopina (desaliniziranje vode)
  - Destilacijom.
  
- Postupci s kemijskim promjenama sastojaka se provode sa:
  - Neutralizacijom, ispravljanjem pH vrijednosti dodavanjem kiselina ili lužina
  - Flokulacijom (pahuljičenjem), spajanjem raspršenih čestica u veće pahuljice, koje su taložive
  - Koagulacijom (zgrušavanjem), dodavanjem kemijskih tvari da bi došlo do bržeg taloženja
  - Kemijskom precipitacijom (taloženjem, obaranjem), uklanjanjem iz vode otopljenih sastojaka dodavanjem drugih otopina, pomoću kojih nastaje reakcija i taloženje
  - Ionskom izmjenom, postupkom zamjene iona između krutine (ionskog izmjenjivača) i tekućine (otopine elektrolita)
  - Oksidacijom, uklanjanjem različitih sastojaka iz vode oksidantima (klorom, klorovim dioksidom, ozonom, vodikovim peroksidom..).

Moguća je i kombinacija kemijskih-bioloških postupaka.

## 4.5. Mulj i prerada mulja

Obradba i zbrinjavanje mulja s uređaja za pročišćavanje vode uzrokuje velike probleme u tehnološkom i gospodarskom smislu. Postupci prerade mulja se mogu svesti na više rješenja (slika 5) [6]:

- Smanjivanje volumena
  - postiže se zgušnjavanjem koje se obavlja prije i poslije obrade statičkim ili mehaničkim postupcima;
  - postiže se ocjeđivanjem vode, prirodnim postupkom na polju za sušenje mulja, ili umjetnim postupkom međustatički – vakuumfiltri, filtarskim prešama i dinamičkim centrifugama;
  - postiže se sušenjem pomoću vrućega zraka nakon ocjeđivanja.
  
- Stabilizacija
  - postupak kojim se onemogućava daljnjeg truljenja;
  - truljenje mulja teče anaerobno, u otvorenom trulištu ili u trulištu ispod taložnice
  - postupci mogu biti:
    - kemijski: dodaje se vapno, klor, ozon i drugi oksidansi
    - biološki: anaerobna ili aerobna stabilizacija, kompostiranje sirova ili trula mulja (sa gradskim smećem ili odvojeno)
    - termički: spaljivanje.
  
- Kondicioniranje
  - postupak kojim se vrši priprema za njegovo zgušnjavanje i ocjeđivanje.
  - postupci mogu biti:
    - kemijski, dodavanjem sredstava za zgrušavanje ili precipitaciju (obaranje);
    - toplinski, uz temperaturu od 160°do 210°C
    - dodavanjem internih tvari.

- Mulj se može:
  - Iskorištavati u poljoprivredne svrhe;
  - Upotrebljavati za proizvodnju energije;
  - Odlagati na deponiju posebno ili sa gradskim smećem.

Ako se mulj iskorištava u poljoprivredi, a da prije toga nije prošao postupke uništavanja parazita kao npr. anaerobnoj stabilizaciji ili kompostiranju. Mulj je potrebno pasterizirati procesom grijanja na 70°C na 20 minuta, ili procesom dezinficiranja zračenjem zrakama. [6]

## 5. OTPADNE VODE INDUSTRIJE PIĆA NA PRIMJERU JAMNICE PLUS D.O.O.

Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda u Jamnici plus d.o.o. (Slika 7) pokrenut je 2012. godine. Ova vrsta uređaja odabrana je iz sljedećih razloga:

- nedostatak prostora u tvorničkom krugu (s takvim uređajem moguće je izbjeći taložnike svih vrsta)
- izuzetno strogi zakonski zahtjevi za kvalitetu otpadnih voda jer postrojenje nije priključeno na javni kanalizacijski sustav. Ovaj uređaj pruža COD ispod 125 mg / L, Ntot ispod 15 mg / L, NH4 + ispod 5 mg / L i P ispod 1 mg / L.



*Slika 7: uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Jamnica [19]*

Sustav uređaja je koncipiran na sljedeći način:

- prethodna obrada
- egalizacija
- tehnološka linija DAF (dissolved air flotation) sustava sa kemijskim stupnjem
- bioeracijski bazen i bazeni sa membranskim modulima
- prihvrat i obrada mulja

## **5.1. Prethodna obrada**

Na dovodnom kolektoru, ispred postojećeg objekta uređaja, napravljen je otvoreni kanal s finom rešetkom (sito s prešom) s otvorom veličine  $d = 1$  mm. Sav sadržaj veći od 0,5 - 1,0 mm odvaja se od otpadnih voda koje se kosim pužnim transporterom kao dio iste opreme podižu u prešu, gdje se dodatno obrađuju i prešavaju te djelomično dehidriraju. Prešanjem se volumen izdvojenog otpadnog materijala smanjuje za oko 35% u odnosu na početni volumen, a u prešanom materijalu koncentracija suhe tvari iznosi 35 - 40%. Obrađeni otpadni materijal odlaže se u prihvatni spremnik i odvozi na odlagalište komunalnog otpada. Filtrat iz preše vraća se u kanal iz bubnja sitnog sita - sita i s ostalim tehnološkim protocima otpadnih voda za daljnju obradu.

## **5.2. Egalizacija**

Sliv za izravnavanje ili egalizacijski bazen prikazan na slici 8 ima zapreminu od 300 m<sup>3</sup> u koji se doprema tehnološka otpadna voda iz proizvodnih procesa i neutralizirana otpadna voda iz prekida. Bazen je opremljen uronjenom baterijskom miješalicom za homogenizaciju otpadnih voda. Jednoliko miješanje uz održavanje aerobnih uvjeta u otpadnoj vodi nadopunjuje se unosom zraka kroz donju cijev s mlaznicama.





*Slika 8: Egalizacijski bazen [18]*

### **5.3. Tehnološka linija DAF (dissolved air flotation) sustava sa kemijskim stupnjem**

Budući da su otpadne vode onečišćene suspendiranim i otopljenim anorganskim tvarima, planiran je fizikalno-kemijski postupak pročišćavanja za uklanjanje suspendiranih i oborina anorganskih tvari. Otpadna voda isporučuje se tlačnim cjevovodom u flokulator cijevi (slika 9) postavljen uzdužno duž flotacijskog spremnika. Na cjevastom flokulatoru postoje i priključci za doziranje otopina talog / koagulant (PAC), flokulant (polielektrolit), kao i za kućište s pH sondom za mjerenje. U procesima oborina / koagulacije, flokulacije i flotacije uz pomoć kemikalija, suspendirane krutine i fosfor vrlo se uspješno uklanjaju iz otpadnih voda i u obliku mulja (flotacija) odvajaju u spremnik mulja (slika 10).



*Slika 9: Tehnološka linija DAF [18]*



*Slika 10: Spremnik mulja [18]*

## 5.4. Bioaeracijski bazen i bazeni sa membranskim modulima

Dio postupka pročišćavanja otpadnih voda u kojem se uklanjaju otopljene organske tvari. Koristi se tehnologija aktivnog mulja. Bazeni za bioaeraciju (slika 12.) predviđeni su u blokovskom dizajnu kao ukopane armiranobetonske konstrukcije. Sliv bioaeracije ima korisnu zapreminu  $V = 200 \text{ m}^3$  s dubokim postupkom prozračivanja. Potrebna količina zraka / kisika uvodi se u donji cijevni prsten podvodne miješalice / aeratora tipa "Invent" kojim se komprimirani zrak raspršuje u male mjehuriće zraka. U proširenom dijelu bazena za bioaeraciju ugrađene su dvije uronjene kanalizacijske crpke, u režimu rada (1 + 1) kroz koje se otpadne vode ispuštaju u bazene s membranskim modulima tipa VRM (ukupna površina membrane iznosi  $720 \text{ m}^2$ ) i dvije uronjene pumpe (1 + 1). ) za diskontinuirano vađenje viška mulja iz procesa obrade u spremnik mulja (slika 11). Puhalice (1 + 1) za čišćenje membrana nalaze se unutar postojeće zgrade. Permeat iz membranskih modula utiskuje se u spremnik permeata pomoću suhih pumpi (dvije pumpe za svaku liniju membranskih modula).



Slika 11: Spremnik mulja [18]



*Slika 12: Bioaeracijski bazen [18]*

## **5.5. Prihvat i obrada mulja**

Višak mulja iz bazena za bioaeraciju i DAF sustava odvojen je u zasebni spremnik mulja koji je izveden kao samostojeća armiranobetonska konstrukcija (slika 13). U spremnik je ugrađena propelerska mješalica koja je u prekidu u radu i koja je u funkciji homogenizacije mulja prije postupka dehidracije. Spremnik je zatvoren armirano-betonskom pločom s ispustima za cijev radi sigurnog prelijevanja i vađenja muljne vode. S vijčanim pumpama (1 + 1) homogenizirani i kondenzirani mulj uklanja se iz spremnika i preša u spiralnu prešu za mehaničku dehidraciju mulja. Na tlačnom cjevovodu mulja instalirana je statička mješalica u koju se ubrizgava otopina polielektrolita. Mulj i polielektrolit se intenzivno miješaju i homogeniziraju stvaranjem većih jata mulja. Filtrat iz spiralne preše gravitacijom se vraća u fini rešetkasti kanal - sita s prešom na tehnološkoj liniji za pročišćavanje otpadnih voda, a muljev kolač s koncentracijom suhe tvari od 20-22% isprazni se iz preše u prihvatno korito spiralnog transportera za količinu mulja izvan objekta. spremnik (slika 14).



*Slika 13: Zasebni spremnik mulja [18]*



*Slika 14: Tlačni cjevovod [18]*

Hidraulički kapacitet UPOV Jamnice je:  $Q_{sr} = 295 \text{ m}^3 / \text{d}$ ,  $Q_{max} = 432 \text{ m}^3 / \text{d}$ , a maksimalni satni protok je  $Q_{max, h} = 18 \text{ m}^3 / \text{h}$ . U prosjeku protok otpadnih voda iznosi oko  $12 \text{ m}^3 / \text{h}$ .

Ono što je karakteristično za takve sustave je da vrlo dobro tretiraju industrijske otpadne vode, otpadne vode (zamućenost  $<5 \text{ FTU}$ ) zadovoljavaju najstrože zakonski propisane parametre, ali ukupni trošak sustava je vrlo visok (visoka cijena kemikalija koje se koriste u pročišćavanju, visoki troškovi zbrinjavanja otpadnog mulja i mnogo veća potrošnja energije u usporedbi s konvencionalnim sustavima). Kao takvi, nisu prihvatljivi u svim djelatnostima zbog visokih troškova održavanja.

## 5. ZAKLJUČAK

Otpadna voda podrazumijeva se kao voda koja je korištena u procesu koji uzrokuje pogoršanje njihove kvalitete. Stoga se te vode više ne smiju koristiti niti ispuštati u okoliš ako nisu podvrgnute odgovarajućem tretmanu. Onečišćenje vode je svaka fizička, kemijska ili biološka promjena u kvaliteti vode. Promjene u kvaliteti vode štetno djeluju na sve organizme i čine vodu neupotrebljivom za određenu svrhu. Postoji nekoliko načina na koje se prirodne vode mogu zagađivati, pa stoga imaju različite utjecaje na vodni sustav i njegove biološko-ekološke značajke vodnog sustava. Otpadne vode dio su procesa hidrološkog ciklusa. To znači da se nakon pročišćavanja kanalizacijskim sustavom vraćaju u prirodno okruženje. Otpadne vode uzrokuju promjene u fizikalnim, kemijskim i biološkim značajkama koje proizlaze iz upotrebe vode iz različitih vodoopskrbnih sustava za određene svrhe. U industriji je uporaba vode različita, pa se međusobno razlikuju po sastavu. Tvrdocu vode čine različite molekularne nečistoće koje imaju katione kalcija i magnezija. Kationi se vežu za anione i tvore mineralne soli koje stvaraju tvrdocu vode. Postoje različiti tehnološki procesi koje industrija koristi, pa se otpadne vode također po svom sastavu razlikuju od pojedinih industrija. Pročišćavanje otpadnih voda ovih industrija, s obzirom na veličinu otpada koji se smatra ispuštanjem neočišćene otpadne vode, prije ili kasnije bit će nametnuto kao obvezno. Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda u Jamnici plus d.o.o. pokrenut je 2012. godine. Sustav uređaja zamišljen je na sljedeći način: predobrada, izjednačavanje, tehnološka linija sustava DAF (flotacija otopljenog zraka) s kemijskim stupnjem, bazen za bioaeraciju i bazeni s membranskim modulima, prihvati i obrada mulja. Ono što je karakteristično za takve sustave je da oni visokokvalitetno pročišćavaju industrijske otpadne vode, otpadne vode (zamućenost <5 FTU) ispunjavaju najstrože zakonske parametre.

## 6. LITERATURA

1. Tušar B., Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb 2009.
2. The Department Health: Importance of water,  
<https://www1.health.gov.au/internet/publications/publishing.nsf/Content/ohp-enhealth-manual-atsi-cnt-l-ohp-enhealth-manual-atsi-cnt-l-ch6~ohp-enhealth-manual-atsi-cnt-l-ch6.1> (pristup 09.09.2020)
3. Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće vode,  
<http://www.voda.hr/hr/novosti/uredba-o-standardu-kakvoce-voda-metodologije> (pristup 09.09.2020)
4. Perlman H., Evans J. , "The Water Cycle. U.S. Department of the Interior, <https://www.usgs.gov/media/images/water-cycle-natural-water-cycle> (pristup 10.09.2020)
5. Prelec Z., Inženjerstvo zaštite okoliša, Obrada otpadnih voda,  
<https://pdfslide.net/documents/8-poglavlje-obrada-otpadnih-dr-sc-z-prelec-inzenjerstvo-zastite-okolisa.html> (pristup 11.09.2020.)
6. Tušar B., Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode, CROATIA KNJIGA, Zagreb, 2004.
7. <http://www.asio.cz/hr/>, teh. dok. tvrtke Asio d.o.o.
8. Radotović M., Otpadne vode u mesnoj industriji, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu
9. <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE64201206493-503Gradiliste.pdf> (pristup 12.09.2020)
10. Zakon o vodama NN 107/95 i NN 150/05
11. Strategija upravljanja vodama NN 91/08
12. Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 94/08
13. Državni plan za zaštitu voda NN 8/99
14. Uredba o klasifikaciji voda NN 77/98
15. Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 94/08



16. Mile T. Klasnja, Marina B. Sciban., Osnovi procesa anaerobnog prečišćavanja otpadnih voda prehrambene industrije i industrije pića, 1450-7188, (2000) 31, pp. 3-22
17. Nadilo B., Najsuvremeniji uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, Gradilište, 2012.
18. Dokumentacija Jamnica plus d.o.o.
19. Pro elemento: Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Jamnica, <http://pro-elemento.hr/uredaj-za-prociscavanje-otpadnih-voda-jamnica/> (pristup 20.09.2020)

## 7. PRILOZI

### 7.1. Popis slika

Slika 1: Primjena kakvoće vode uporabom [1].....	6
Slika 2: Tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda u prehrambenoj industriji [7] .....	10
Slika 3: Mjesto anaerobnog pročišćavanja u procesu pročišćavanja otpadnih voda industrije [16] .....	13
Slika 4: Udio pojedinih sadržaja u stvaranju otpadnih voda [1].....	14
Slika 5: Uređaj za pročišćavanje [6] .....	15
Slika 6: Prikaz rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda [6].....	17
Slika 7: uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Jamnica [19] .....	22
Slika 8: Egalizacijski bazen [18] .....	24
Slika 9: Tehnološka linija DAF [18].....	25
Slika 10: Spremnik mulja [18].....	25
Slika 11: Spremnik mulja [18].....	26
Slika 12: Bioaeracijski bazen [18].....	27
Slika 13: Zasebni spremnik mulja [18].....	28
Slika 14: Tlačni cjevovod [18].....	28

### 7.2. Popis tablica

Tablica 1: Vrste otpadnih voda prema nastanku [5] .....	7
---	---