

# OTPADNE VODE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

---

**Tonžetić, Maja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:128:808398>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**



**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

Maja Tonžetić

# **OTPADNE VODE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2020.

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

Maja Tonžetić

# **WASTEWATERS IN FOOD INDUSTRY**

Final paper

Karlovac, 2020.

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

Maja Tonžetić

# **OTPADNE VODE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Igor Peternel,  
viši znanstveni suradnik

Karlovac, 2020.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCI  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## **STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

### **ZAŠTITA NA RADU**

KARLOVAC, 2020.

#### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

**Student: Maja Tonžetić**

**Matični broj: 0416614093**

**Naslov: Otpadne vode u prehrambenoj industriji**

#### **Opis zadatka:**

1. UVOD
2. OTPADNE VODE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI
3. PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA PREHRAMBENE INDUSTRIJE
4. OBRADA OTPADNIH VODA – AEROBNI BIOREKTOR
5. SUSTAVI ODVODNJE OTPADNIH VODA
6. PROBLEMI OBNOVLJIVIH OTPADNIH VODA PREHRAMBENE INDUSTRIJE
7. ZAKLJUČAK
8. LITERATURA
9. PRILOZI

Zadatak zadan:

02/2020.

Rok predaje rada:

08/2020

Predviđeni datum obrane:

09/2020.

Mentor:

Dr. sc. Igor Peternel

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Zvonimir Matusinović

## **PREDGOVOR**

Ovaj završni rad sam izradila samostalno služeći se stečenim znanjem i pomoću navedene literature.

Posebno se zahvaljujem profesoru dr. sc. Igoru Peternel-u na pomoći, savjetima i sugestijama prilikom pisanja ovoga rada.

Također se zahvaljujem svim članovima moje obitelji na bezuvjetnoj potpori, razumijevanju i strpljenju tijekom mog studiranja.

## SAŽETAK

U ovom su završnom radu detaljno opisane otpadne vode prehrambene industrije, također su opisani načini pročišćavanja otpadnih voda te problematika koja se uz to javlja. Tako su isto dana određena rješenja te problematike. Sve veće količine otpadne vode se stvaraju rastom čovječanstva i potrošnjom čiste vode, te su one zagađene raznim organskim i anorganskim tvarima. Na ekosustave voda utječu sve ljudske aktivnosti te mogu ugroziti slatkovodne izvore odnosno količinu i kvalitetu pitke vode. Kako bi se voda djelatno štitila od onečišćenja, potrebno je upravljati kvalitetom voda, odnosno nadzirati onečišćenje voda te istraživati, planirati i otklanjati uzročnike onečišćenja voda.

Ključne riječi: otpadne vode prehrambene industrije, pročišćavanje, sustavi odvodnje, problemi obnavljanja

### **Abstract**

This final paper describes in detail the wastewater of the food industry, and also describes the methods of wastewater treatment and problems that may arise. Thus, specific solutions and problems are given. Increasing quantities of wastewater are generated by the growth of humanity and the consumption of clean water, and are polluted by various organic and inorganic substances. Water ecosystems are affected by all human activities and can endanger freshwater sources or quantities and quality drinking water. In order to employ water from pollution, it is necessary to manage quality water, ie to control water pollution, and to research, plan and release ripening water pollution.

Keywords: food industry wastewater, treatment, drainage systems, recovery problems

## Sadržaj

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	Error! Bookmark not defined.
PREDGOVOR.....	I
SAŽETAK.....	III
1. UVOD .....	1
2. POJMOVNO ZNAČENJE OTPADNIH VODA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI .....	2
2.1. Karakteristike otpadnih voda .....	3
2.2. Smanjenje količine i zagađenje otpadnih voda .....	7
3. PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI.....	8
3.1. Primarno (mehaničko) pročišćavanje.....	11
3.2. Sekundarno (biološko) pročišćavanje.....	11
3.3. Fizikalno-kemijski i kemijski postupci (tercijarno) pročišćavanje.....	14
4. OBRADA OTPADNIH VODA – AEROBNI BIOREKTOR .....	16
5. SUSTAVI ODVODNJE OTPADNIH VODA .....	18
5.1. Mješoviti sustav odvodnje.....	19
5.2. Razdjelni sustav odvodnje .....	20
5.3. Djelomični (polurazdjelni) sustav odvodnje .....	22
6. PROBLEMI OBNAVLJANJA OTPADNIH VODA .....	24
7. ZAKLJUČAK.....	29
8. LITERATURA .....	30
9. PRILOZI .....	33
9.1. Popis slika.....	33
9.2. Popis tablica .....	33



# 1. UVOD

Otpadne vode proizvedene iz prehrambene industrije potencijalni su opasnost za sustav prirodnih voda. Ova otpadna voda sadrži mnogo organskih i anorganskih tvari koje su toksične za različite životne oblike ekosustava. Većina prehrambene industrije se smatra visokim unosom vode i bogatim stvaranjem otpadnih voda. Pročišćavanje otpadnih voda može uključivati fizičke, kemijske ili biološke procese ili kombinacije tih procesa, ovisno o potrebnim standardima odljeva. Prehrambena industrija uključuje mliječne proizvode, proizvodnju likera, biljno ulje i pivovaru. Te industrije zahtijevaju velike količine vode i također ispuštaju otpadne vode različite kvalitete. Parametar kvalitete otpadne vode proizvedene u prehrambenoj industriji je pH, temperatura, biološka potreba za kisikom (BOD), kemijska potreba za kisikom (COD), ukupne otopljene krute tvari (TDS), ukupne suspendirane krute tvari (TSS), izgled i miris. Mehanizmi uklanjanja otpada i onečišćenja u otpadnim vodama uvelike ovise o dizajnu i radnim karakteristikama uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Cilj ovog rada je upoznati se sa otpadnim vodama u prehrambenoj industriji te objasniti njihovo pročišćavanje, obradu te sustave odvodnje kao i probleme obnavljanja otpadnih voda u prehrambenoj industriji.

U teorijskom dijelu rada obraditi će se koristiti metodološki postupci koji uključuju: metodu kompilacije (postupak preuzimanja tuđih rezultata znanstveno-istraživačkog rada, odnosno tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja); deskripcije (postupak jednostavnog opisivanja činjenica, procesa i predmeta, te njihovih empirijskih potvrđivanja odnosa i veza, ali bez znanstvenog tumačenja i objašnjavanja); komparacije (postupak uspoređivanja istih ili srodnih pojava, činjenica, procesa i odnosa, odnosno utvrđivanja njihove sličnosti u ponašanju); klasifikacije (postupak sistematske podjele općeg pojma na posebne koje taj pojam obuhvaća).

Rad je podijeljen na sedam poglavlja, od toga prvo obrađuje predmet, cilj i metode rada, u drugom dijelu se obrađuje pojmovno značenje otpadnih voda u prehrambenoj industriji, dok treće poglavlje objašnjava pročišćavanje otpadnih voda u prehrambenoj industriji. Četvrto poglavlje govori o obradi otpadnih voda aerobnim bioreaktorom. Peto poglavlje objašnjava sustave odvodnje otpadnih voda, dok šesto poglavlje govori o problemima obnavljanja otpadnih voda u prehrambenoj industriji. Sedmo poglavlje je sumirani dio svega navedenog.

## **2. POJMOVNO ZNAČENJE OTPADNIH VODA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

Za tretman otpadnih voda iz prehrambene industrije se može koristiti pod nazivom AS-FLOT, odnosno tehnologija (flotacijska jedinica). Otpadne vode, kao dio kompleksa zaštite životne sredine, su tema o kojoj se svakako dosta govori, ali to je i područje o kojoj se zapravo malo toga kod nas pouzdano zna. Također je slično i sa otpadnim vodama prehrambene industrije. Ako se krene od nekih zabluda i sučelimo ih sa činjenicama, ovako bi izgledalo:

Prva zabluda koja se stavlja kod prehrambenih otpadnih voda je problem zagađenja koje uzrokuju otpadne vode je isforsiran (sve je to posljedica galame ekologa). Podaci govore o tome suprotno, naime kod nas je zaštita podzemnih voda generalno slaba, najviše su zagađene podzemne vode u području riječnih dolina, odakle se najviše vode i eksploatiraju. Sve su više izložene riziku zagađivanja i vode osnovnog vodonosnog sustava zbog nadeksploatacije. Poseban problem su površinske vode, i stoga zaslužuju da se zadržimo na njima nešto duže. Republika Hrvatska je jedna od rijetkih zemalja koja ima značajne rezerve čiste pitke vode. Velike su razlike između deklarirane kvalitete (površinske vode su po kvaliteti podijeljene II 4 klase) i stvarne kvalitete vode [1].

Sve su stroži zakoni u današnje vrijeme koji propisuju dopuštene koncentracije onečišćenja u okolišu. „Zakonski zahtjevi postavljeni s ciljem odgovornog ponašanja prema prirodi, a u skladu s njenim zakonitostima kruženja biogenih elemenata, su zakoni usmjereni prema očuvanju okoliša i podrazumijevaju primjenu odgovarajućih postupaka obrade otpadnih voda, često kombinacijom više postupaka obrade, zbrinjavanje aktivnog mulja također primjenom odgovarajućeg postupka obrade i proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije.“ Prehrambene otpadne vode nastaju provedbom različitih tehnoloških postupaka čija kakvoća ovisi o sirovinama koje se upotrebljavaju u procesu i dobivenom proizvodu [1].

Voda kao sirovina te voda za pranje, kada je u pitanju prehrambena industrija mora biti kvaliteta vode za piće. U prvom se redu tu misli na higijensku ispravnost vode. To obično nije i dovoljno. Postoje zahtjevi proizvodnog procesa koji idu i šire, ili više (dalje) da kvaliteta vode za piće. Vodi koja se koristi u samom procesu proizvodnje hrane i pića potrebno

smanjiti tvrdoću, ili omekšati sasvim, potrebno joj je promijeniti mineralni sastav, destilirati je, sterilizirati.

Otpadne vode nastale proizvodnjom hrane i poljoprivrednim aktivnostima glavni su izvor onečišćenja okoliša. Ujedno je i među najtežim i najskupljim otpadom za gospodarenje, jer otpadne vode za preradu hrane mogu sadržavati velike količine hranjivih sastojaka, organskog ugljika, dušične organske tvari, anorganske tvari, suspendirane i otopljene krute tvari, a ima velike potrebe za biokemijskim i kemijskim kisikom. Moraju se tretirati do razine koja neće oštetiti primanje vode zbog prekomjerne potrebe za hranjivim tvarima ili kisikom ako se izravno ispušta ili neće poremetiti tretmane u javnom vlasništvu (POTW) kada se ispuštaju u kanalizaciju. U SAD-u podliježu zahtjevima smjernica za ispuštanje otpadnih voda i dozvolama Nacionalnog sustava uklanjanja onečišćujućih tvari (NPDES) [2].

Svaka vrsta otpadnih voda za preradu hrane imati će posebne faktore koje treba uzeti u obzir, a osim problema sa tehnološkim performansama, sezonalnost proizvodnje dodaje složenost izbora tretmana i operacija u nekoliko industrija.

Asortiman prehrambenih i poljoprivrednih otpadaka predstavlja različite izazove. Primjeri industrije uključuju: meso i peradarske proizvode, mliječne proizvode, voće i povrće za konzerviranje i konzerviranje, proizvode od žitarica, šećer i srodne slastičarne, masti i ulja te pića i pivo, među ostalim. Vrijednosti biokemijske potražnje za kisikom (BPK) i kemijske potrebe za kisikom (COD) za više otpada kreću se u tisućama miligrama po litri, a neke poput proizvodnje sira, vinarije i mljevenja maslina mogu biti u desetinama tisuća za COD. Dakle, svaka vrsta otpada imat će posebne faktore koje treba uzeti u obzir, a osim problema s tehnološkom uspješnošću, sezonalnost proizvodnje dodaje složenost izbora tretmana i operacija u nekoliko industrija [2].

## **2.1. Karakteristike otpadnih voda**

Prvo se treba upoznati otpadne vode vlastite tvornice, poduzeća. Ono što je rečeno za vode, da nema dvije identične vode iz dva izvorišta, još u mnogo većoj mjeri važi za otpadne vode: iz tvornice jedne vrste proizvodnje otpadne vode su slične, ali daleko od toga da su otpadne vode dvije tvornice iz iste branše identične. Treba znati količine otpadnih voda i pogotovo, dinamiku nastajanja tih voda (protok: satni, maksimalni srednji), kako zbirne otpadne vode, tako često, i pojedinih otpadnih voda pogona unutar tvornice. A koliko postotaka otpadnih

voda uopće mjeri protok, i kako? Poznavanje sustava otpadnih voda bez točnih podataka o količini apsolutno nije dovoljno, i ne vrijedi puno [2].

A kad je u pitanju utvrđivanje veličine i vrste zagađenja otpadnih voda, tu su veliki problemi, i najvećim dijelom su vezani za način i mjesto uzorkovanja, odakle mahom i potječu uzorci grešaka u konačnom rezultatu analize, a te greške mogu biti velike. Podsjetimo samo, da je na snazi propis po kojem se uzorak otpadne vode uzima tijekom 2 sata; a i to se u praksi često ignoriraju, tako da se uzima samo trenutni uzorak.

Zašto su posljedice ovakvog nepoznavanja svojih otpadnih voda (sa mogućom znatnom precijenjenošću količine i zagađenja) po tvornici, po prehrambenu industriju za sada u cjelini male? To je zbog niske cijene ispuštanja otpadnih voda, plus 25% za ispuštanje u pecipijent II kategorije, što je obično slučaj. Međutim, jedan od tendova u ovom području bez sumnje rasti, i to znatan, cijene ispuštanja otpadnih voda. Drugi će trend biti pooštavanje uvjeta za ispuštanje otpadnih voda, u pogledu i njihove količine i veličine i sustava zagađenja [3].

Samim time, pred tvornice prehrambene industrije sve će se oštrije postavljati pitanje smanjenja i količine i zagađenja svojih otpadnih voda.

Otpadne vode su najozbiljniji ekološki problem u proizvodnji i preradi hrane. Većina volumena otpadnih voda dolazi iz čišćenja gotovo u svim fazama prerade i prijevoza hrane. Količina i opća kvaliteta (tj. čvrstoća onečišćujućih tvari, priroda sastojaka) ove generirane otpadne vode za preradu imaju ekonomske i ekološke posljedice u pogledu obradivosti i zbrinjavanja [3].

Trošak za pročišćavanje otpadnih voda ovisi o njegovim specifičnim karakteristikama. Dvije značajne karakteristike koje diktiraju troškove za pročišćavanje su dnevni volumen ispuha i relativna snaga otpadne vode. Ostale karakteristike postaju važne jer su pogođeni sustavski rad i određena specifična ograničenja pražnjenja (tj. suspendirane krute tvari). Posljedice na okoliš u neadekvatnom uklanjanju onečišćujućih tvari iz toka otpada može imati ozbiljne ekološke posljedice. Primjerice, ako se neadekvatno pročišćena otpadna voda ispušta u potok ili rijeku, u vodenom će se okruženju razviti eutrofno stanje zbog ispuštanja biorazgradivih materijala koji troše kisik. Ako bi se ovaj uvjet održavao duže vremensko razdoblje, narušavala bi se ekološka ravnoteža potoka, rijeke ili jezera (tj. Vodene mikroflora, biljaka i životinja). Stalno pražnjenje kisika u tim vodama također bi stvorilo razvoj neugodnih mirisa i neuglednih scena.

Poznavanje karakteristika prehrambenih i poljoprivrednih otpadnih voda ključno je za razvoj ekonomičnih i tehnički održivih sustava upravljanja otpadnim vodama koji su u skladu s trenutnom okolišnom politikom i propisima. Metode gospodarenja koje bi mogle biti primjerene drugim industrijskim otpadnim vodama mogu biti manje izvodljive s hranom i poljoprivrednim otpadnim vodama, osim ako su metode modificirane da odražavaju karakteristike otpadnih voda i mogućnosti koje imaju. Otpadne vode proizvedene u poljoprivrednoj i preradbi hrane razlikuju se u količini i kvaliteti, pri čemu ti tokovi iz prerade hrane obično imaju malu čvrstoću i veliki volumen, a oni koji potječu iz operacija uzgoja životinja imaju veliku čvrstoću i mali volumen [3].

Jasno razumijevanje karakteristika prehrambenih i poljoprivrednih otpadnih voda omogućuje odluku uprave o načinu obrade i korištenju koji su učinkoviti i ekonomični. Primjerice, otpadne vode niske čvrstoće, koje sadrže malu količinu organskih koloidnih čestica, mogu zahtijevati samostalno postrojenje za pročišćavanje biološke otpadne vode ili samo filterprešu s pločicama i okvirom; odluka je tehnička i ekonomska. Drugo opće zapažanje je da je najveći dio tvari koje zahtijevaju kisik u tekućoj fazi za obradu otpadnih voda za hranu; većina otpadnih voda kisika u otpadnim vodama stočarskih postrojenja visokog intenziteta ima oblik čvrstih čestica. Neki se postupci prerade hrane odvijaju sezonski (prerada voća i povrća); Ova sezonalnost dodaje složenost sustavima gospodarenja otpadnim vodama koji upravljaju različitim izvorima hrane i poljoprivrednih otpadnih voda tijekom cijele godine, a jasno da razumijevanje karakteristika otpadnih voda pomaže u planiranju ove nenormalnosti operacija procesa. Poznavanje karakteristika otpadnih voda omogućuje i strateško planiranje recikliranja vode i ponovna upotreba i oporavak vrijednih komponenti u otpadnoj vodi [3].

Kao i u većini otpadnih voda, komponente koje se nalaze u poljoprivrednim i prehrambenim otpadnim vodama sadrže niz mnogih nedefiniranih tvari, gotovo sve organske prirode. Organske tvari su tvari koje sadrže spojeve u kojima su uglavnom elementi C, H i O. Ugljikovi atomi u organskim tvarima (koji se nazivaju i ugljični spojevi) mogu se oksidirati i kemijski i biološki da bi dobili CO<sub>2</sub> i energiju. Moguće je da neki izvori otpadnih voda iz određenih postupaka prerade hrane u postrojenju za preradu mogu imati ograničen broj mogućih onečišćenja; međutim, te otpadne vode imaju tendenciju miješanja s drugim tokovima otpadnih voda [3].

Otpadne vode iz postupaka prerade hrane definirane su samom hranom. Hrana i poljoprivredne otpadne vode sadrže otopljene organske krute tvari iz različitih operacija i

ostatke mehaničke obrade hrane, poput ljuštenja i usitnjavanja, te hidrodinamičke utjecaje kod pranja i transporta. U poljoprivrednim i prehrambenim proizvodima neminovno se koriste velike količine vode za pranje, a u nekim slučajevima i hlađenje prehrambenih proizvoda. Otpadne vode iz konzervi su u osnovi iste kao i kućni otpad jer se otpadna voda akumulira iz različitih procesa koji su uključeni u postupke konzerviranja, kao što su rezanje, određivanje veličine, sokova, pire, blanširanje i kuhanje. Povrće također zahtijeva velike količine vode za blanširanje i hlađenje. Gotovo sve radnje u prehrambenoj ili poljoprivrednoj preradi uključuju čišćenje podova, strojeva i područja za obradu; voda koja se koristi često se miješa s deterdžentima koji se ponekad udvostručuju kao maziva za strojeve za preradu hrane [3].

Ovisno o određenim postupcima obrade, voda koja se koristi u tim postupcima često se ponovo upotrebljava sa ili bez obrade kad je ta praksa ekonomična i zakonita. Kako se opskrba svježom vodom smanjuje u mnogim dijelovima svijeta, ponovno korištenje vode često se smatra nužnom iz svih praktičnih razloga. Ponovna upotreba i recikliranje vode može rezultirati znatnim smanjenjem potrošnje vode; međutim, treba imati na umu da, ako je ponovno korištena voda namijenjena jestivim prehrambenim proizvodima, pitanje sigurnosti hrane koji proizlazi iz ponovno korištene vode treba pažljivo i temeljito ispitati. Napokon, sigurnost hrane ostaje najvažnija briga u svim procesima prerade i proizvodnje hrane [3].

U većini prehrambenih i poljoprivrednih otpadnih voda i otpadnih voda postoje uobičajeni zagađivači iz svake faze tipičnih procesa obrade otpadnih voda (za dodatne informacije pogledajte sljedeća poglavlja); to su slobodna i emulgirana ulja / masti, suspendirane krute tvari, organski koloidi, otopljene anorganske kiseline, kiselost ili alkalnost i talog [3].

Svako postrojenje za preradu hrane proizvodi otpadne vode različite količine i kvalitete. Nijedna dva postrojenja, čak ni sa sličnim kapacitetom prerade prehrambenih proizvoda, neće stvoriti otpadne vode iste količine i kvalitete, jer u procesu ima previše varijabli (tehničkih ili drugih) koje u konačnici definiraju karakteristike otpadnih voda. Nadalje, čak i različita razdoblja prerade hrane u istom postrojenju mogu proizvesti različite tokove otpadnih voda s različitim karakteristikama. Stoga je važno razumjeti da opći opis otpadnih voda iz prerade voća i povrća treba shvatiti kao približavanje objašnjenju složenog pitanja. Bilo kakvi kvantitativni podaci prikazani ovdje ili bilo gdje drugdje smatrat će se prosječnim podacima [3].

## 2.2. Smanjenje količine i zagađenje otpadnih voda

Naravno količina otpadnih voda je najviše povezana sa potrošnjom vode u tvornici, i sve mjere smanjenja te potrošnje (primjeri su navedeni u prethodnom tekstu), odraziti će se na smanjenje količine otpadnih voda [4].

Postavlja se pitanje: kako smanjiti zagađenje? Smanjivanjem gubitaka sirovina, poluproizvoda i proizvoda, sredstava za pranje i dezinfekciju, goriva, maziva, ukratko svega što se u tvornici upotrebljava a što značajnim svojim dijelom dospijeva u otpadne vode. Svaka litra mlijeka, ulja, sladila, koma itd.: svaki kilogram škroba, šećera, masti; svaki gram deterdženta koji dospije u kanalizaciju, sve to nosi sobom ogromno zagađenje (tablica 1).

Tablica 1. Organsko zagađenje koje potiče od pojedinih otpadnih tokova prehrambene industrije i industrije pića [4]

1 litra punomasnog mlijeka ~ 110 g BPK <sub>5</sub>	1 litra pivskog kvasca 170-500g BPK <sub>5</sub>
1 litra obranog mlijeka ~ 75 g BPK <sub>5</sub>	(ovisno o stupnja autolize kvasca)
1 litra surutke ~ 42 g BPK <sub>5</sub>	1 litra piva 80 g BPK <sub>5</sub>
1 litra vode od močenja kukuruza ~ 58 g	1 litra vinske šire 120 g BPK <sub>5</sub>
HPK (28 g BPK <sub>5</sub> )	1 litra vina 130 g BPK <sub>5</sub>

Dakle, treba prihvatiti ili zaustaviti sve ono što se prolije ili prospe, što prodire kroz istrošene zaptivače, loše spojeve, popucale cijevi i sudopere, sve ono što se baca u kanalizaciju, a ne mora.

Domet smanjenja ukupnog zagađenja (smanjene količine otpadnih voda i koncentracija zagađenja u njima), ili količine pojedinih zagađujućih materija, iznenađujuće je veliki, u pojedinim proizvodnjama može se na taj način količina zagađenja čak i prepoloviti, pa i više od toga, kao u slučaju žetve. Pri tome, odnos ušteda na troškovima ispuštanja otpadnih voda i troškova tih mjera sprječavanja dospijeca zagađenja u kanalizaciju tvornice i mjera smanjenja količine otpadnih voda već sada u većem broju slučajeva opravdava njihovo provođenje, a u doglednoj budućnosti ekonomski efekt tih mjera će biti apsolutno pozitivan (pogotovo ako se valoriziraju pojedini otpadni tokovi koji dospijevaju u zbirnu otpadnu vodu tvornice, kao što su primjerice proteini iz mlijeka, slad i pivo, krv, kvasac i drugo); iako se otpadne vode ispuštaju u kanalsku mrežu, jer se naknada računa i po količini i po zagađenju, za razliku od direktnog ispuštanja u rijeke, kada prehrambena industrija plaća naknadu samo po količini, u skladu sa propisanom kategorijom, sa smanjenjem troškova u slučaju pročišćavanja otpadne

vode, ali ne i u slučaju smanjenja zagađenja zbirne otpadne vode mjerama sprječavanja dospijevanja zagađenja u otpadnu vodu [4].

### **3. PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

Većina otpadnih voda u prehrambenoj industriji, iako se u gradskim postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda može obrađivati otpadna voda, prije dolaska do zajedničkog postrojenja, prethodno se pročišćava primarnim, sekundarnim i fizikalno-kemijskim i kemijskim procesima, ili njihovom kombinacijom. Industrija hrane i pića prvenstveno koristi vodu kao sirovinu za čišćenje i proizvodnju, a koja se nakon upotrebe odlaže kao otpadna voda. Ovisno o sastavu i razini onečišćenja, otpadne vode se obrađuju i ponovo upotrebljavaju kao procesna voda ili se čiste prije ispuštanja u okoliš ili kanalizaciju. To je jedini način da se osigura poštivanje strogih okolišnih propisa [4].

Poznato je da danas najveći broj tvornica naše prehrambene industrije ispušta svoje otpadne vode, eventualno uz neku minimalnu prethodnu obradu, u javnu kanalizaciju (tzv. indirektni zagađivači) ili direktno u neki vodoprijemnik, najčešće rijeku ili kanal (tzv. direktni zagađivači). Javna kanalizacija se rijetko završava centralnim postrojenjem za pročišćavanje otpadnih voda. Strategija zemlje je, međutim, jasna: otpadne vode će se morati prečišćavati, i to najvjerojatnije u različitoj mjeri u ovisnosti od mjesta ispuštanja otpadnih voda i karakteristika prijemnika tih otpadnih voda. Neće biti u istom položaju tvornice koje su tzv. direktni zagađivači (ispuštaju otpadne vode direktno u prijemnik), i tvornice tzv. indirektni zagađivači (ispuštaju u javnu kanalizaciju). Potom će se među sobom razlikovati direktni zagađivači u odnosu na kvalitetu vode i režim vode u prijemniku (kao što je to slučaj i sada, ali uglavnom na papiru a ne u praksi), pa indirektni zagađivači u ovisnosti od karakteristika kanalizacijske mreže i uvjeta ispuštanja u kanalizaciju [4].



U ovisnosti od svega toga mora se promatrati situacija sa pročišćavanjem otpadnih voda tvornica prehrambene industrije i donositi odluka da li će se, i u kojoj mjeri (koja oprema, kakvi procesi) izvoditi prethodno pročišćavanju, u svojem tvorničkom krugu, ili će se voda kompletno pročišćavati [4].

Danas otpadne vode sadrže sve veće koncentracije onečišćenja koje prirodni okoliš ne može izjednačiti. Upravo zbog toga su se razvile veoma različite tehnologije za pročišćavanje i obradu otpadnih voda prije njihovog ispuštanja u okoliš. Njihova obrada konvencionalnim uređajima za obradu otpadnih voda se postiže upotrebnom kemijskih, fizikalnih i bioloških procesa. U prirodi se odvijaju ti procesi, a mogu se također odvijati i u kontroliranim uvjetima unutar neke od proizvodnih linija. Većinom se kemijski, biološki i fiziološki procesi u obradi otpadnih voda kombiniraju, a stupanj pročišćavanja koji je potrebno primijeniti ovisi o sastavu otpadne vode koja ulazi u sustav [5]. U tablici 2. će biti napisane neke vrste onečišćenja otpadnih voda i njihove štetne posljedice.

Tablica 2. Neke vrste onečišćenja otpadnih voda i njihove štetne posljedice [5]

<b>VRSTE ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA</b>	<b>ŠTETNE POSLJEDICE</b>	<b>OSTVARENA DRUŠTVENA KORIST OD PROLIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA</b>
KRUPNI KRUTI MATERIJALI: papir, tkanine, plastika	Neuredan krajolik; uslijed dodira mogu nastati opasnosti po zdravlje ljudi i životinja	obale jezera, rijeka, mora i njihova okolica postaju sigurni za radne aktivnosti i rekreaciju
ORGANSKE TVARI: ostaci hrane, fekalne tvari i neke industrijske otpadne vode	Zbog prisutnosti bakterija i drugih viših vrsta vodenog svijeta, smanjuje se količina otopljenog kisika u vodi, pa se javljaju pomori riba i drugih organizama	zaštita ribarstva i sportskog ribolova; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju
ULJA I MASTI	na površini vode formira se opasan tanak nepropustan sloj, koji smanjuje mogućnost apsorpcije kisika iz atmosfere	poboljšano otapanje atmosferskog kisika u vodi pomaže održavanju vodene flore i faune
NUTRIENTI: dušik, fosfor i tragovi štetnih tvari	djeluju kao gnojiva koja stimuliraju rast algi, morskih trava i ostalog vodenog bilja	poboljšani i sigurniji uvjeti za uzgoj riba i školjaka; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju

BAKTERIJE I VIRUSI	onečišćenje voda koje se koriste za vodoopskrbu ili natapanje poljoprivrednih površina na kojima se uzgajaju kulture za prehranu	sigurniji opći zdravstveni uvjeti za uzgoj školjaka, riba i drugih organizama
TOKSIČNE TVARI IZ INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA	pojava štetnih tvari u mesu riba i školjaka mogu imati štetni utjecaj na zdravlje ljudi	poboljšani uvjeti za život vodene flore i faune; poboljšani opći zdravstveni uvjeti

Treba spomenuti da se pročišćavanjem voda poboljšava stanje kakvoće voda za njezinu buduću uporabu. Prirodne vode potrebno je veoma često čistiti osobito kada se iskorištavaju za namjene gdje je potrebna vrlo visoka kakvoća vode, primjerice vodoopskrba stanovništva, proizvodnja hrane. Otpadne vode se čiste kako bi se mogle ponovno ispuštati ili upotrebljavati u vodne sustave. Kako bi se iz vode uklonile otpadne tvari, primjenjuju se različiti postupci i radnje, najčešće čišćenje vode (slika 1) [5].



Slika 1. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda [6]

Industrijski pogoni koji su priključeni na sustave javne odvodnje imaju izgrađene uređaje za prethodno pročišćavanje otpadnih voda. Kakvoća industrijskih otpadnih voda time se svodi na razinu kakvoće komunalnih otpadnih voda.

### **3.1. Primarno (mehaničko) pročišćavanje**

Prethodno ili mehaničko pročišćavanje je najjednostavniji način pročišćavanja, čisti vodu od čvrstih suspenzija koje se lako talože. Najčešće su to nečistoće mineralnog porijekla i ulja. Mehaničkim načinom pročišćavanja se dakle uklanjaju predmeti koji plivaju, te se ti predmeti zadržavaju u situ ili u rešetkama. Također se ovim procesom reducira biološka potrošnja kisika (BPK) za četvrtinu ili trećinu. Na ovakav način pročišćavanje vode može se provesti preko sljedećih uređaja: sito, rešetka, mehanički filter, pješčani filter, pjeskolov, taložnik uzdužni, flokator i drugih. Oblik i veličina rešetke o nekoliko faktora ovise no najosnovniji su veličina postrojenja za obradu otpadne vode i vrsta kanalizacije. Ravna rešetka s ručnim čišćenjem se koristi za male objekte, dok se kod većih postrojenja i naselja koristi lučna rešetka s automatskim čišćenjem. Srednje veliki i veliki objekti zahtijevaju postavljanje manjih ili većih ravnih rešetki s automatskim čišćenjem. U velikim postrojenjima se često za pročišćavanje otpadnih voda postavljaju grube i fine rešetke jedna iza druge [7].

Na rešetkama zbog nagomilavanja otpada dolazi do problema u radu. Ako se upotrebljavaju rešetke s ručnim čišćenjem, čišćenje treba provoditi kontinuirano, kao i sami proces kojeg je potrebno kontrolirati, posebno u kišnim razdobljima. Cilj im je da smanjenjem brzine kretanja vode odvajaju teže krute sastojke. Uklanjanje pijeska nužno je iz razloga što se on najčešće taloži u cjevovodima, taložniku ili biokemijskom bazenu [7].

Kod pročišćavanja otpadnih prehrambenih voda, na uređajima za pročišćavanje se tijekom dana pojavljuju oscilacije u protoku, a to je zbog aktivnosti stanovništva i rada prehrambenih pogona.

### **3.2. Sekundarno (biološko) pročišćavanje**

Za sekundarni (biološki) proces pročišćavanja vode se iskorištava aktivnost mikroorganizama, najčešće bakterija. Kod uređaja za sekundarno pročišćavanje se stvara ekosustav formiran od više grupa organizama u različitoj fazi razvoja, ovisno o sadržaju i koncentraciji hrane i o koncentraciji i starosti mulja. Struje otpada kao rezultat proizvodnje hrane i pića često imaju umjerenu do visoku razinu organskog materijala, što ukazuju visoke mjere biokemijske potrebe za kisikom (BPK) i / ili kemijske potrebe za kisikom (COD). U tim

slučajevima upotreba kemikalija za uklanjanje onečišćenja nema smisla. Možete ih koristiti, ali nisu ekonomski održivi [7].

Primarni cilj bilo kojeg sustava za pročišćavanje otpadnih voda je smanjiti koncentraciju nepoželjnih sastojaka - ili onečišćenja - prisutnih u tekućem otpadnom vodu. Sustavi biološke obrade postižu ovaj cilj tako što koriste mikrobe da razgrade i uklone nečistoće iz otpadnih voda. Ti mikroorganizmi djeluju varenjem organskih materijala prisutnih u struji otpada. Pri tome stvaraju novu mikrobnu biomasu, bilo kao velike nakupine (ili „floskule“), koje se na kraju talože, ili kao biofilmi sa fiksnom površinom, koji ne trebaju dalje taložiti [7].

Sustavi biološke obrade obično karakteriziraju podskup vrsta sustava, koji uključuju [7]:

- **Aerobno:** Aerobni sustavi za obradu koriste mikroorganizme kojima je potreban kisik. Iako su učinkoviti za tokove s niskom do umjerenom razinom onečišćenja, aerobni sustavi zahtijevaju pravilno upravljanje kako bi se izbjegli problemi koji proizlaze iz preopterećenja BOD / COD-a, nepravilnog prozračivanja i nakupljanja viška mulja.
- **Anaerobno:** Anaerobni sustavi za pročišćavanje otpadnih voda koriste mikroorganizme kojima *ne treba* kisik. Izvrsni su za rukovanje koncentriranim tokovima otpada, ali zato što su osjetljivi na izloženost kisiku, pH, temperaturu i promjene u toku otpada, anaerobni sustavi također zahtijevaju pažljivo planiranje i upravljanje kako bi se izbjegli problemi.
- **Anoksično:** Anoksični sustavi za obradu specijalizirani su za uklanjanje dušika i drugih materijala iz otpadnih voda, iskorištavajući mikrobe koji mogu koristiti oksidirane anorganske spojeve umjesto kisika tijekom disanja.

Ovisno o potrebama određenog objekta, jedna ili više vrsta biološkog tretmana mogu se primijeniti uzastopce za tretiranje otpadnog toka. Također, zbog razlike u tjednim i sezonskim promjenama, mnoge konfiguracije biološkog tretmana u industriji hrane i pića uključuju neke oblike spremnika za primarno liječenje i / ili izjednačavanje kako bi se spriječilo oštećenje sustava biološkog tretmana ili radi optimizacije učinkovitosti [7].

Najčešće postoje tri skupine upotrebljivanih bioloških postupaka pročišćavanja:

1. uređaji s aktivnim muljem,
2. biološki filtri (prokapnici),
3. lagune.

Uređaje s aktivnim muljem se može pronaći u više oblika, među kojima treba izdvojiti [7]. :

- karusel,
- Konvencionalni uređaj,
- Krausov uređaj,
- oksidacijski jarak,
- stupnjevito ozračivanje,
- stupnjevito dodavanje otpadne vode,
- uređaj u dvjema fazama,
- uređaj sa čistim kisikom
- visoko opterećeni uređaj.

Glavna značajka uređajima s aktivnim muljem je biološki bazen s aktivnim muljem u lebdećoj fazi i taložnik za odvajanje mulja iz vode prije nego li se ispusti u prirodnu sredinu.

Biološki filtri (prokapci) sastoje se od ispune (aktivni ugljen) i spremnika uz biološki obraštaj po površini ispune. Filtri s prirodnim ili s prisilnom ventilacijom i rotacijski diskovi su najčešći primjeri takvih uređaja. Na biološkim filtrima kod pročišćavanja otpadnih voda je potrebno predvidjeti prethodni taložnik, čija je svrha zahvaćanje dijela suspendiranih tvari koje dolaze na filter i naknadni taložnik, i kojim se odvaja mulj iz vode prije nego li se ispusti u prirodnu sredinu. Veoma često se, zbog bolje učinkovitosti pročišćavanja te ekonomičnosti, upotrebljava dvostupanjsko pročišćavanje, neovisno da li upotrebom dvaju bioloških filtera ili kao kombinacija uređaja s aktivnim muljem i biološkog filtra [7].

Jedan od najstarijih načina pročišćavanja otpadnih voda je pročišćavanje u lagunama, koji se je u Aziji upotrebljavao stoljećima. Lagune su naime bazeni u zemlji čija je namjena pročišćavanje vode. U lagunama se odvijaju fizikalni i biološki procesi. One mogu biti anaerobne, aerobne, fakultativne i ozračene.

Mliječna otpadna voda može biti rezultat pakiranja mlijeka i proizvodnje mliječnih proizvoda, uključujući maslac, sir i jogurt, među ostalim primjerima. Mliječna proizvodnja je vodeno intenzivan proces koji stvara velike količine otpadnih voda, uglavnom sa značajnim organskim sadržajem u obliku proteina, masti i ugljikohidrata. Proizvođači mliječnih proizvoda stvaraju neke od najviših razina BPK / BPK uspoređujući s drugim podsektorima hrane i pića i zbog toga su među najčešćim usvajačima anaerobnih sustava za pročišćavanje otpadnih voda. Često se koriste i sustavi aerobnog tretmana [7].

Iako biološki tretman predstavlja dobrobit za mnoge pogone za proizvodnju mlijeka, mora se voditi pažnja pri planiranju i održavanju sustava za upravljanje izazovima koji se odnose na mliječnu industriju. Među njima su varijabilnost organskih opterećenja i pH vrijednosti toka otpada, kao i prisutnost ne mliječnih sastojaka poput okusa, šećera i voća koji se koriste u preradi, te zaostalih otapala i sredstava za čišćenje [7].

Obrada voća i povrća stvara otpadne vode ispiranjem, sortiranjem, ljuštenjem, pirejem, sokovima, kuhanjem i čišćenjem, među ostalim operativnim aktivnostima. Rezultirajuća otpadna voda obično ima visoku razinu BPK iz voća i povrća (npr. kože, pulpe, vlakana), a može sadržavati i čestice tla, soli i ostatke pesticida. S obzirom na složenost toka, **većina** postrojenja za obradu otpadnih voda na postrojenjima za preradu voća i povrća uključuje neki oblik prethodne obrade, poput flotacije otopljenog zraka ili gravitacijskog odvajanja, nakon čega slijedi sekundarni korak biološkog tretmana. Upravo će se ta tehnologija koristiti u velikoj mjeri ovisiti o sadržaju struje, lokaciji, ograničenju prostora i drugim čimbenicima, međutim, najčešće korištene tehnologije uključuju aerobne i anaerobne lagune, filtri za biološku pročišćavanje i jedinice s aktivnim muljem [7].

Aktivnosti prerade mesa, peradi i morskih plodova mogu uključivati klanje, mesarstvo, podrezivanje, pranje, dezinfekciju, zamrzavanje, transport, kuhanje i pakiranje, od kojih sve proizvode otpadne vode. Nastali tokovi otpada obično imaju visok BOD / COD zbog organskih sastojaka u obliku proteina, masti, ulja i masti, a obično su previše koncentrirani i složeni da bi se mogli ispuštati u lokalne kanalizacije. Da bi se osigurala usklađenost sa zahtjevima za ispuštanje, mnoge se klaonice i postrojenja za pakiranje mesa oslanjaju na anaerobno pročišćavanje otpadnih voda, a istovremeno uzimaju i troškovne koristi od hvatanja nastalih bioplina.

### **3.3. Fizikalno-kemijski i kemijski postupci (tercijarno) pročišćavanje**

Pod fizikalno-kemijskim i kemijskim postupcima se ubrajaju filtriranje, destilacija, aeraciju, neutralizacija, flokulacija, koagulacija, te taloženje. Dodatkom odgovarajućih kemijskih spojeva se postižu različiti učinci: moguće je popraviti pH vrijednost vode (neutralizacija), omogućiti stvaranje većih pahuljica (koagulacija), spajanje čestica u pahuljice (flokulacija), reducirati ili oksidirati tvari u sustavu, smanjiti prisutnost različitih mikroorganizama (dezinfekcija) i slično. Mogući, su i veoma česti kombinirani kemijsko-biološki postupci [7].

Postoji mjesto za korištenje kemikalija u industriji hrane i pića za čišćenje otpadnih voda, a to je obično kada biološka rješenja nisu primjenjiva:

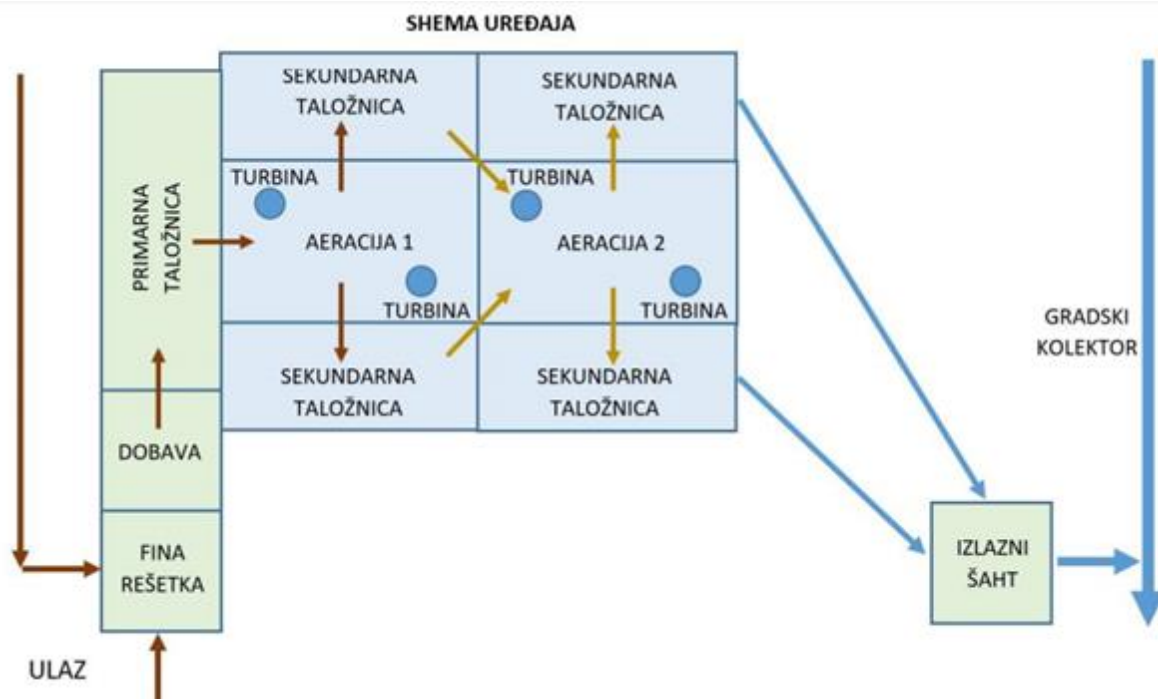
Na primjer, ako je pogon trebao ukloniti čestice iz svog otpada, biološka obrada nije korisna. U tim će se slučajevima postrojenje obično okrenuti mogućnostima obrade koji uključuju kemijske koagulanse i flokulante koji će pomoći ukloniti sve sitnije čestice iz otpada. Nakon što se svi veliki predmeti uklone iz otpadnih voda, u reakcijski spremnik dodaju razne kemikalije koje uklanjaju krute suspendirane krute tvari i druga različita onečišćenja. Ovaj postupak započinje asortimanom miješajućih reaktora, obično jedan ili dva reaktora koji dodaju određene kemikalije da izvade sve sitnije čestice u vodi kombinirajući ih u teže čestice koje se talože. Najčešći korišteni koagulati su aluminij na bazi aluma i polialuminijevog klorida. Ponekad će i malo podešavanje pH pomoći u zgrušavanju čestica [7].

Kad je koagulacija gotova, voda ulazi u komoru flokulacije u kojoj se koagulirane čestice polako miješaju zajedno s polimerima dugog lanca (nabijene molekule koje hvataju sve koloidne i koagulirane čestice i povlače ih zajedno), stvarajući vidljive, odložive čestice koje nalikuju pahuljicama [7].

#### **4. OBRADA OTPADNIH VODA – AEROBNI BIOREKTOR**

Svaki uređaj za pročišćavanje otpadnih voda za svoju glavnu ulogu ima pročišćavanje otpadne vode do ekološki prihvatljive čistoće. Ako se kemijski gleda, pročišćavač treba smanjiti vrijednost KPK, BPK<sub>5</sub>, patogenih organizama i suspendiranih čestica do zakonski propisanih količina. Uređaj koji je obrađen u ovom radu u pogonu je od 1975. godine, a rekonstrukcija je na njemu obavljena 2002. godine. Radi se o aerobnom biorektoru koji koristi aerobni aktivni mulj za biološku obradu. Shema uređaja je prikazana na slici 2 [8].





Slika 2. Shema uređaja aerobni bioreaktor [8]

Kao što se vidi iz slike uređaj se sastoji od dijela za mehaničku obradu u čijem se sastavu nalazi dio za prethodnu obradu otpadnih voda, te dio za biološku obradu u kojem dolazi do pročišćavanja otpadnih voda uz pomoć aktivnog mulja [8].

Voda prije samog ulaza u uređaj prolazi kroz aerirani mastolov gdje se pomoću flotacije odvajaju masnoće. Voda odvojena od masnoća potom prolazi kroz primarnu rešetku te kroz finu rešetku s automatskim čišćenjem. Tako pročišćena voda potom se pomoću ciklona dovodi u primarnu taložnicu gdje dolazi do izdvajanja suspendiranih čestica i u kojoj se nalazi još jedan manji mastolov za uklanjanje zaostalih masnoća. Istaloženi mulj se iz primarne taložnice pumpama dovodi do ugušćivača mulja koji potom ide u daljnju obradu. U primarnoj taložnici dolazi do uklanjanja većeg organskog onečišćenja, uklanjanjem suspendiranih čestica. Suspendirane čestice se odvajaju kako poslije ne bi uzrokovale štetu pri biološkoj obradi. Suspendirane čestice mogu uzrokovati smanjeno otapanje kisika u vodi što bi dovelo do gušenja aerobnog mulja te samim time uginuća mikroorganizama unutar mulja te slabe ili nikakve biološke (sekundarne) obrade [8].

## **5. SUSTAVI ODVODNJE OTPADNIH VODA**

Sustavi odvodnje otpadnih voda se nazivaju i još kanalizacijski sustavi. Kanalska mreža služi za [9]:

- skupljanje otpadnih voda u urbanim i industrijskim sredinama,
- odvodnju do mjesta pročišćavanja,
- pročišćavanje do stupnja uvjetovanog zakonskim odredbama,
- ispuštanje pročišćene vode u odgovarajući spremnik.

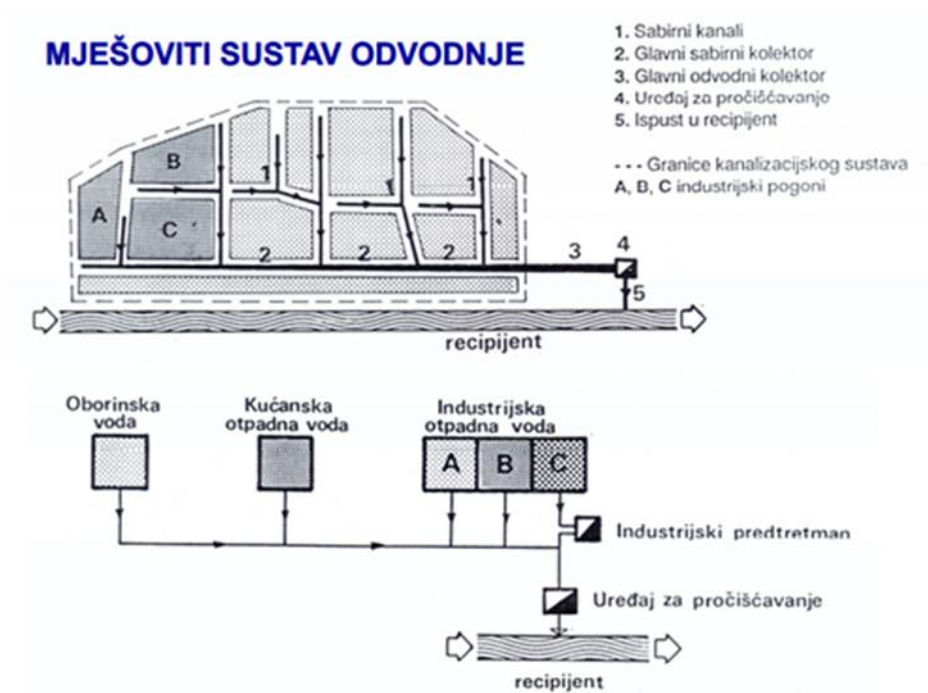
## 5.1. Mješoviti sustav odvodnje

Sustav odvodnje kod kojeg se sve skupine otpadnih voda odvede zajedničkim (istim) kanalima se naziva sustav mješovitim, pa je cijevna mreža preglednija i jednostavnija te su troškovi izgradnje manji. Kada se mreža polaže, treba voditi računa o topografskim prilikama s obzirom na mogućnost gravitacijskog toka vode u kanalima, te je potrebno ustanoviti sustav vode i vrstu s obzirom na štetne utjecaje na kanalizacijsku mrežu.

Oborinske kiše u mješovitom sustavu odvodnje stvaraju najveće hidrauličko opterećenje u kanalima. Protok u tim kanalima se u sušnom razdoblju uvelike smanjuje zbog čega može doći do taloženja, te se upravo zbog toga kanali takvih oblika i primjenjuju u sušnom razdoblju kako bi mogli udovoljiti u kritičnim stanjima [9].

Glavni nedostatak mješovitog sustava odvodnje leži u činjenici da je u sušnom razdoblju obično brzina vode mala što uzrokuje taloženje na dnu kolektora, te da u vrijeme jakih pljuskova kanalska mreža obično ne može prihvatiti svu količinu oborina pa može doći do poplavlivanja nižih područja gradskih objekata (podrumi, garaže i slično). Nedostatak je također i to što se u prijemnik ispušta dio nepročišćenih otpadnih voda i to preko kišnih preljeva koji su često sastavni dio mješovitog kanalizacijskog sustava [10]. Na slici 3. je prikazan mješoviti sustav odvodnje.

Slika 3. Prikaz mješovitog sustava odvodnje



Slika 4. Prikaz mješovitog sustava odvodnje [11]

## 5.2. Razdjelni sustav odvodnje

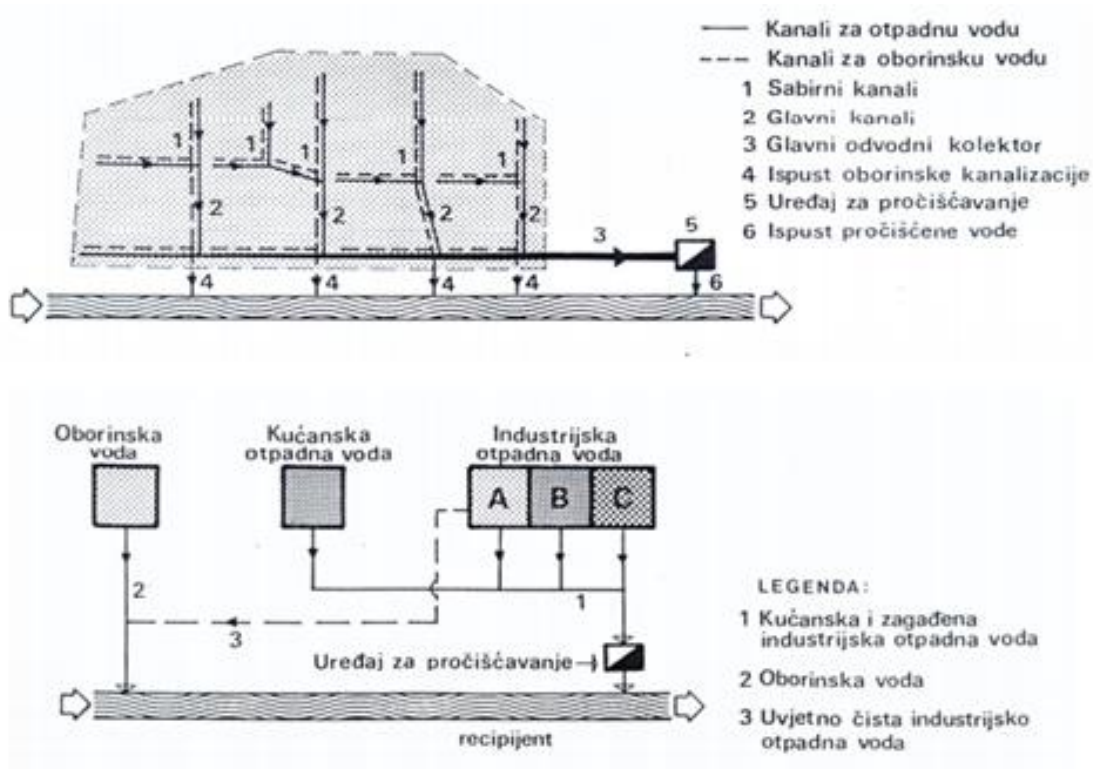
Najčešće u razdjelnom sustavu odvodnje postoje dvije odvojene kanalske mreže, a može ih biti i više. Obično jedna služi za odvodnju otpadnih sanitarnih voda, a druga za odvodnju oborinskih voda. U razdjelnim kanalizacijskim sustavima se oborinske vode u prijemnik najčešće ispuštaju bez pročišćavanja. Sanitarne/komunalne otpadne vode u potpunosti se odvede na uređaj za pročišćavanje, i to uz prilagodbu doticaja pa se na uređaju mogu postići bolji rezultati pročišćavanja [10].

Ekološki i sanitarno povoljniji je razdjelni sustav odvodnje, a uz dobro hidrauličko dimenzioniranje kanala izbjegavaju se i problemi s pojavom usporene vode. Povoljni su također za izbor i način rada uređaja za pročišćavanje otpadne voda prije nego li se ispuste u prijemnik. Ako je potrebno dizati otpadnu vodu, manjeg kapaciteta su dovoljne crpke, što pogonske troškove čini nižima [10].

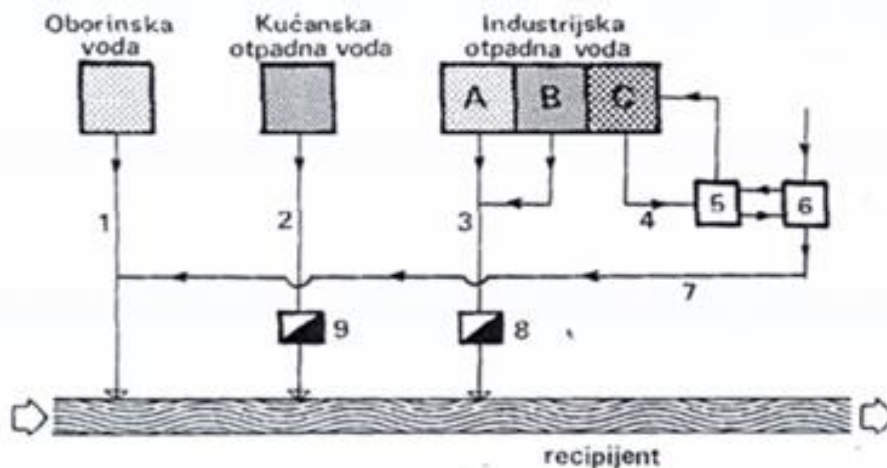
Veći građevinski troškovi su nedostaci razdjelnog sustava jer je potrebno sagraditi dvije kanalske mreže s potrebnim pratećim objektima. Razdjelni kanalizacijski sustav se koristi onda kada se gradovi šire izgradnjom novih naselja.

Razdjelni sustav odvodnje se može podijeliti u dvije vrste i to [10]:

1. potpuno razdjelni sustav (slika 4. i 5.)– izvodi se s dvije ili više odvojenih kanalskih mreža, od kojih jedna služi za odvodnju oborinskih voda, za kućanske i industrijske otpadne vode. Za ovakav sustav odvodnje općenito je skuplji od mješovitog sustava jer se izvode dvije odvojene kanalske mreže, ali u sanitarnom pogledu ovaj sustav je povoljan jer se sve kućanske vode odvede na uređaj za pročišćavanje.
2. nepotpuno razdjelni sustav – je onaj sustav odvodnje koji je namijenjen samo za odvodnju kućanskih i zagađenih industrijskih otpadnih voda. Oborinske i uvjetno čiste industrijske otpadne vode odvede se ravno u prijemnik na najjednostavniji način putem otvorenih kanala i jaraka. Obično je to prva faza izgradnje kanalizacijskog sustava koji naposljetku postaje razdjelnim sustavom. Ovaj sustav je jeftiniji jer je izbjegnuta izvedba oborinske kanalizacije.



Slika 5. Prikaz razdjelnog sustava odvodnje [11]



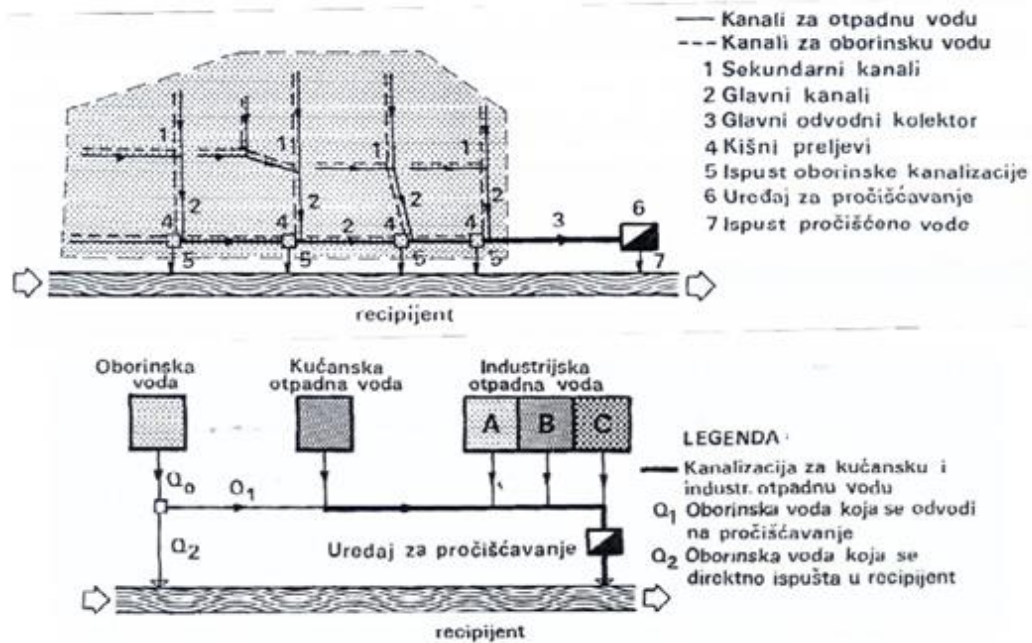
Slika 6. Razdjelni sustav s djelomičnom recirkulacijom [11]

Na slici 5. prikaza je kanalska mreža, prema tome označava: 1. oborinska voda, 2. kućanska otpadna voda, 3. zagrađena industrijska otpadna voda, 4. uvjetno čista industrijska otpadna voda; dok su objekti označeni brojevima: 5. crpna stanica, 6. uređaj za rashlađivanje vode, 7. odvod suvišne vode, 8. uređaj za pročišćavanje zagađene industrijske otpadne vode, 9. uređaj za pročišćavanje kućanske otpadne vode

### 5.3. Djelomični (polurazdjelni) sustav odvodnje

Djelomični sustav odvodnje (slika 6) se sastoji od odvojenih kanalskih mreža kao i potpuno razdjelni sustav, ali se od njega razlikuje u tome što su na oborinskim kanalima izvedeni razdjelni kišni preljevi kojima se voda od pranja ulica, jakih pljuskova i oborina malog intenziteta automatski vode u kanalsku mrežu industrijsko-kućanske odvodnje i pripadnim kolektorom odvede prema uređaju za pročišćavanje [10].

Najbolje je potonji problem rješiv polurazdjelnim sustavom u kojem se ti prvi dotoci i voda od pranja ulica odvede na uređaj za pročišćavanje zajedno sa kućanskom otpadnom vodom. Polurazdjelni sustav odvodnje se primjenjuje onda kada se gradovi šire izgradnjom novih naselja [10].



Slika 7. Polurazdjelni ili djelomično razdjelni sustav odvodnje [11]

U vidu zaštite voda, polurazdjelni sustav je povoljniji nego razdjelni sustav jer vodu od pranja prometnica i prve dotoke oborinskih voda uključuje u otpadnu vodu i usmjerava ju na gradski uređaj za pročišćavanje. Ovaj sustav ima svoj prednosti i u pogledu održavanja kanalizacijskih objekata jer se prilikom opuštanja oborinskih voda u kanale za otpadne vode formiraju veće količine vode s većom brzinom toka što omogućava da se kanali ispiru.

## 6. PROBLEMI OBNAVLJANJA OTPADNIH VODA

Gubitak vrijednih hranjivih sastojaka u otpadnim vodama FVPI-a problem je s kojim se industrija u posljednje vrijeme bori i treba prevladati neke izazove u osiguranju sigurnosti, poboljšanju tehnologija, reviziji propisa i zakona te troškovima i faktorima kupca.

FAO i Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) pozvali su sve zemlje na oprez prema sigurnosti hrane već 2007. Ukazano je da nedostaje odgovarajućih sustava sigurnosti hrane. Problemi, poput prisutnosti mikroorganizama, ostataka poljoprivrednih kemikalija (pesticida, veterinarskih lijekova itd.) I neovlaštenih aditiva u hrani, nikad se ne zaustavljaju [12]. Ta pitanja čine oporavak i ponovnu upotrebu spojeva iz otpadnih voda FVPI uvijek kontroverznim.

Mikrobiološka procjena rizika za hranu utvrđena je kao važno područje istraživanja Komisije za Codex Alimentarius (CAC). Mnogi mikrobi se eliminiraju u svakom koraku pročišćavanja otpadnih voda, kako je sažeto u NRC (Nacionalno vijeće za istraživanje) u Tablici 3, ali mogu uzrokovati sigurnosne probleme, poput bolesti koje se prenose hranom [12]. Hranjive tvari dobivene iz otpadnih voda, koje sigurno sadrže mikrobe, trebaju nadzor i upravljanje. Osim toga, ostaci kemijskih tvari tijekom prerade hrane također rezultiraju pitanjima sigurnosti dobivenih hranjivih sastojaka.

Mikrob	Broj na 100 ml otpadnih voda				
	Sirova kanalizacija	Primarni tretman	Sekundarni tretman	Tercijarni tretman	Bolest
Fekalni koliformni MPN b	1000000000	10000000	1000000	<2	Dizenterija Tifusna groznica Gastroenteritis
Salmonela	8000	800	8	<2	salmoneloze Tifusna groznica
Šigeloza	1000	100	1	<2	Bagelarna dizenterijska šigelloza
Enterički	50000	15000	1500	0.002	Gastroenteritis



virus PFU					
Helminth ovare	800	80	0,08	<0,08	Ascariasis Taeniasis Ancylostomiasis Trichuriasis
<i>Giardia</i> <i>lamblia</i> ciste	10000	5000	2500	3	giardijaza

koagulacije, taloženje, filtracija i dezinfekciju.

Tablica 3. Prosječni broj mikroorganizama koji se nalaze u različitim fazama obrade otpadnih voda i mulja [13]

Međutim, kada je riječ o sigurnosti otpadnih voda i hrane, fokus je uglavnom na korištenju otpadnih voda u uklanjanju hranjivih tvari za navodnjavanje; proizvodi obnovljenih hranjivih sastojaka rijetko se raspravljaju. U prehrambenoj industriji uspostavljen je sustav kritične kontrolne točke za analizu opasnosti (HACCP), koji je usvojio CAC radi identificiranja, procjene i kontrole opasnosti od značaja za sigurnost hrane [13]. Ipak, još uvijek nije zabilježen alat za procjenu opasnosti i uspostavljanje sustava kontrole koji su usredotočeni na sprečavanje ponovne upotrebe oporabljenih hranjivih tvari.

Trenutno se neke vrste tehnologija kao što su membranska tehnologija, frakcioniranje pjene i ekstrakcija obično koriste za obnavljanje hranjivih tvari; međutim, ove tehnologije još uvijek nisu postigle dobru učinkovitost.

Membranska tehnologija izgleda kao dobra alternativa za oporavak hranjivih tvari, a MF, UF, NF i RO najčešći su procesi vođeni pritiskom. Ovi membranski procesi mogu razdvojiti dovod na dva dijela: prožimaju se i zadržavaju potoci. Membrana, porozni filtracijski medij, djeluje kao barijera za sprečavanje kretanja mase odabranih faza u aplikacijama za pročišćavanje vode i otpadnih voda, a izrađene su od različitih vrsta materijala. MF membrane se izrađuju od širokog spektra anorganskih materijala (poput glinice, cirkonij-ugljičnih kompozita, keramike itd.) I prirodnih i sintetskih polimera (poput polipropilena, polikarbonata, polisulfona i tako dalje). UF membrane izrađene su uglavnom od materijala polisulfon (poput polieter sulfona, polifenil sulfona, sulfoniranog polisulfona, i tako dalje) Većina NF membrana su višeslojni tankoslojni kompoziti sintetičkih polimera poput poliamida, polivinil alkohola, sulfoniranog polisulfona i sulfoniranog poliesterskog sulfona. Odbacivanje soli NF membranama uglavnom je posljedica elektrostatičke interakcije

između iona i NF membrane. Celulozni acetat i derivati naširoko se koriste kao RO membrana. Tankoslojne kompozitne membrane koje sadrže barijeru za razdvajanje poliamida na polisulfonu ili polietilenu bit će izborni materijal za primjene RO. Svojstva membranskog modula uglavnom uključuju membranski materijal (na primjer, promjenu polimera ili materijala za podlogu), veličinu pora (nazivne i apsolutne), poroznost, propusnost, simetričnost membrane (to jest simetrično, asimetrično ili kompozitno) [14].

Različite veličine pora na membranama određuju primjene ovih tehnologija, na primjer, RO se široko koristi za uklanjanje soli morskom vodom jer u osnovi može odbaciti soli, dok je NF postupak razdvajanja monovalentnih i multivalentnih soli tako da može učinkovito ukloniti tvrdoću za pitku vodu proizvodnja. Odbačene vrste UF uključuju šećere, biomolekule, polimere i koloidne čestice, tako da ima veliku primjenu u odvajanju organskih tvari, posebno u prehrambenoj industriji, poput proizvodnje sirutke u mliječnoj industriji i pročišćavanju vina ili voćnih sokova. MF membrana ima pore od 0,1 do 10,0  $\mu\text{m}$  kroz koje mikroorganizmi ne mogu proći, a prema kojima je tipična primjena MF dezinfekcija u obradi vode [14]. Čimbenici koji utječu na izvedbu membrane uključuju veličinu pora, radne parametre, materijal membrane, konfiguraciju membrane i tako dalje [15].

Za obnavljanje hranjivih sastojaka, membranske tehnologije imaju brojne prednosti u odnosu na tradicionalne postupke obrade vode i otpadnih voda; glavna prednost sustava membranskog procesa leži u manjoj potrošnji energije i ostalim prednostima [15]:

- a. Sustavi za odvajanje membrane su jednostavni za rukovanje, a u procesu se koristi manje kemikalija.
- b. Mikroorganizmi poput bakterija i virusa mogu se ukloniti isključivanjem veličine.
- c. Membranski sustavi zauzimaju manje podnog prostora u usporedbi s konvencionalnim sustavima za obradu.
- d. Filteri i koncentрати mogu se prikladno upotrijebiti, što može smanjiti unos sirove vode i osigurati uštedu na troškovima prerade sirove vode [14].
- e. Nekorištenje dodatnih faza i izvora grijanja u membranskim operacijama povoljno je za biološki aktivne proizvode usmjerene na ljudsku prehranu [16]

Unatoč gore spomenutim prednostima, brojni se istraživači usredotočili na kontrolu obraštanja membrane; odstupanje membrane ostaje glavna barijera koju još uvijek nije moguće u potpunosti izbjeći, posebno za različite industrijske materijale u hrani [17] [18]. Osim toga,

biootpad izazvan bioaktivnim spojevima povećava potražnju kemikalija u svrhu čišćenja, što povećava proizvodnju mulja za obradu ili odlaganje, što dovodi do problema zaštite okoliša koji se trebaju riješiti [19].

Na membranske procese često utječu njihovi troškovi. Trošak određene instalacije određuje se iz dva dijela: kapitalni trošak i operativni trošak. Kapitalni trošak, odnosno ulaganje u instalaciju, može se dalje podijeliti u tri dijela: membranski moduli; troškovi cjevovoda, crpki, elektronike i posuda; i prethodna obrada i naknadna obrada. Definitivno, troškovi membrane za provođenje separacije mogu biti relativno visoki, ali troškovi oporavljenog proizvoda obično su veći. Troškovi topljenih tvari s visokom dodanom vrijednošću (na primjer, polifenoli, antocijanini, šećeri, proteini i dijetalna vlakna) visoki su na temelju tradicionalnih metoda koje se koriste za njihovo ekstrahiranje [19]; Osim toga, troškovi membrana mogu biti prilično niski u budućnosti, pružajući bolju dostupnost membrane. S padom cijene membrane i razvojem novih membranskih materijala, membranski sustavi mogu postići učinkovitiju učinkovitost pročišćavanja vode uz ekonomsku izvedivost i membranski sustavi će zahtijevati manje otisaka zbog svoje kompaktnosti [20].

Statistički podaci pokazuju da je tržišna veličina sustava za povrat otpadnih voda za 2016. procijenjena na preko 20 milijardi USD, a predviđa se da će se povećati preko 8% do 2024. godine, među kojima se pokazuje da će se dio hrane i pića povećati povećanjem potrošnje vode i sve većim afinitetom potrošača prema prerađenim hrana. Pored toga, predviđa se da će se tržište sustava za obnavljanje otpadnih voda za filtraciju proširiti za preko 9% do 2024. godine. Smanjenje troškova membrane zajedno s njihovom sve većom operativnom učinkovitošću omogućit će širenje tehnologije kroz različita rješenja za pročišćavanje vode; kontinuirani tehnološki napredak zajedno s povećanjem strogosti kriterija kvalitete vode dodatno će potaknuti prihvaćanje tehnologije [21]. Nadalje, sve veći broj istraživača sugerirao je da pilot-ispitivanja za obnavljanje membranskih tehnologija mogu povećati primjenu velikih razmjera s nižim troškovima [22]. Stoga možemo predvidjeti velike izgleda za veliku primjenu otpadnih voda u prehrambenoj industriji, posebno FVPI, membranskom tehnologijom, iako je većina slučajeva obnavljanja hranjivih tvari još uvijek u fazi ispitivanja.

S gledišta zaštite okoliša, mnogi istraživači su istakli da oporavak hranjivih tvari pomoću membranskih tehnologija ima pozitivne učinke na smanjenje energetske potrošnje i utjecaja na okoliš [23]; za membranski postupak može nadoknaditi nekoliko jedinica za pročišćavanje u uobičajenom dizajnu za pročišćavanje vode. Ove karakteristike su od najveće važnosti za

vodene stručnjake u njihovom nastojanju da ublaže negativni utjecaj otpadnih voda odbačenih u prirodne ekosustave zemlje [19].

Adsorpcija se često koristi za fenolne spojeve ili proteine iz otpadnih voda FVPI, s prednostima niskih operativnih troškova i reciklabilnosti adsorbensa. Međutim, nedostatak selektivnosti i ponekad začepljenje spakiranog sloja može dovesti do produkta koji zahtijeva daljnje pročišćavanje, poput proizvoda fenolnih spojeva dobivenih od OMW [24]. Nedavno je prijavljen novi pokušaj pripreme aktivnog ugljena od grožđa iz grozda, razvijenog iz grožđa, za povraćanje polifenola iz vinskih otpadnih voda [25]; pa upotreba raznih novootkrivenih novih materijala koji apsorbiraju nove proizvode omogućuje novo razmišljanje.

Frakcionacija pjene, poznata kao "skimmeri proteina", vrlo je učinkovita u odvajanju površinski aktivne tvari od vodene otopine. Sada se uobičajeno koristi za obogaćivanje bioproizvoda, poput povrata proteina iz otpadnih voda FVPI, jer ima prednosti jednostavne opreme i kompatibilnosti s okolišem [26], iako je frakcioniranje pjene pogodno samo za proteinske otopine u malim koncentracijama [27]. Nadalje, za neke površinske aktivne materijale, kao što je riboflavin i folna kiselina, posljednjih se godina oporavlja frakcioniranjem pjene [28], što pokazuje dobar razvoj za obnavljanje hranjivih tvari, ali malo je slučajeva prijavljeno za FVPI ili otpadne vode za industrijsku hranu.

#### Kemijska tehnologija

Taloženje je jedna od najpopularnijih tehnologija koja igra važnu ulogu u obnavljanju proteina i enzima, obično koristeći soli, polielektrolite i organska otapala kao taložnike i izoelektričnu oborinu. Međutim, to može dovesti do opasnosti od denaturacije i proizvodi obično zahtijevaju daljnje pročišćavanje zbog taloga koje nije baš selektivno [29]. Sada su se istraživanja usredotočila na obnavljanje dušika i fosfora iz industrijskih otpadnih voda [30], a nažalost malo studija o povratu proteina iz otpadnih voda sličnih otpadnim vodama FVPI-a, bogatim makromolekularnim organskim sastojcima, može biti korišten kao referenca [31].

Nekoliko vrsta makromolekula, uključujući pektin, proteine, prehrambena vlakna i druge, često se dobiva uobičajenim kemijskim otapalima, poput etanola, koji su ekonomski i lako za korištenje, prema američkoj FDA; etanol ima status "GRAS" (općenito prepoznat kao siguran) "

## 7. ZAKLJUČAK

Voda je ključni ulaz za industriju hrane i pića, kao sastojak, kao ključni prerađivački element i kao sredstvo za hlađenje. Potrošnja vode varira ovisno o vrsti i broju krajnjih proizvoda, kapacitetu postrojenja, vrsti primijenjenih procesa, opremi koja se koristi, razini automatizacije i sustavu za čišćenje. Potrošnja vode u industriji hrane i pića izražava se ili u količini potrošene vode po gotovom proizvodu ili po prerađenoj sirovini. Ispuštanja hrane i poljoprivrednog otpada značajan doprinos ispuštanju hranjivih i ugljičnih i dušikovih otpadaka. Pročišćavanje poljoprivrednih i prehrambenih otpadnih voda je složeno i skupo zbog opterećenja onečišćujućih tvari i varijabilnosti različitih otpada koji se javljaju u postrojenju. Industrije, uključujući perad i preradu mesa, mliječne proizvode i proizvodnju ulja, stvaraju otpad visoke čvrstoće. Dok se koriste uobičajeni postupci pročišćavanja otpadnih voda, postoje anaerobni procesi za proizvodnju plina metana za energiju i električnu energiju kako bi se nadoknadili troškovi procesa. Osim što smanjuju operativne troškove, oni su ekološki prihvatljivi smanjujući ispuštanje otpada i ugljične tragove.

Tvornice prehrambene industrije, koje svoje otpadne vode ispuštaju direktno u recipijente, će morati u budućnosti uvesti pročišćavanje svojih otpadnih voda. Proces pročišćavanja otpadnih voda tvornica naše prehrambene industrije obično je konceptijski veoma sličan ili identičan procesu pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, što ne uvažava dovoljno specifičnosti nastajanja otpadnih voda u tvornicama prehrambene industrije (postojanje koncentriranih i razblaženih otpadnih voda, te mogućnost njihove odvojene obrade) i njihovog sastava, koji omogućava kombiniranje pročišćavanja sa: dobivanjem nekog drugog proizvoda (primjerice jednočeličnih proteina), dobivanjem energije i/ili tzv. biološkog đubriva, recirkuliranjem pročišćene vode, ponovnom upotrebom pročišćene vode itd. Pritom treba jasno reći da nema univerzalnih rješenja procesa pročišćavanja otpadnih voda, primjenjivih na cijelu prehrambenu industriju, pa ni za tvornice jedne vrste proizvodnje; tom poslu treba prići veoma ozbiljno i studiozno. Uvijek se, u suprotnom, ima rješenje koje ni u ekonomskom ni u tehničkom pogledu ne daje očekivane efekte, odnosno: pročišćavanje nije dovoljno efikasno, a preskupo je.

## 8. LITERATURA

- [1] Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac 2009.
- [2] Alengaram, U. J., Mahmud, H., Jumaat, M. Z.: Enhancement and Prediction of Modulus of Elasticity of Palm Kernel Shell. *Materials and Design*, (2011) 32, 2143-2148
- [3] Al-Qodah, Z., Shawabkah, R.: Production and Characterization of Granular Activated Carbon from Activated Sludge. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, (2009.) 26 (1).
- [4] Blagojević, N.: Otpadne vode prehrambene i farmaceutske industrije, Savez hemičara i tehnologa Srbije, Beograd, 1978.
- [5] Štrkalj, A.: Onečišćenje i zaštita voda, Metalurški fakultet, Sisak, 2014.
- [6] <https://www.vik-ka.hr/odvodnja/uredaj-za-prociscavanje-otpadnih-voda.html>, pristupljeno 10.01.2020.
- [7] Klasnić, A.: Vode u mesnoj industriji, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, 2015.
- [8] Dobrić, M.: Određivanje BPK i KPK parametara te anionskih tenzida MBAS metodom u industrijskim otpadnim vodama, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2016.
- [9] Tušar, B.: Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb 2009.
- [10] Tušar, B.: Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode, CROATIANKNIGA, Zagreb, 2004
- [11] <http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/ODVODNJA%201.pdf>, pristupljeno 10.01.2020.
- [12] FAO. (2007). <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2007/1000629/index.html>, pristupljeno 28.12.2019.
- [13] Codex Alimentarius Commission (CAC). General principles of food hygiene. Rome, Italy: Author, 1999.
- [14] Wang, L. K. i sur. (Eds.). Membrane and desalination technologies. Handbook of Environmental Engineering (2011) Vol. 13. Clifton, N.J.: Humana Press.

- [15] Castro-Munoz, R., Barragan-Huerta, B., i Fila, V.: Current role of membrane technology: From the treatment of agro-industrial by-products up to the valorization of valuable compounds. *Waste and Biomass Valorization*, (2018) 9(4), 513–529.
- [16] Conidi, C., Cassano, A., Garcia-Castello, E.: Valorization of artichoke wastewaters by integrated membrane process. *Water Research*, (2014) 48(1), 363–374.
- [17] Bagheri, M. i Mirbagheri, S. A.: Critical review of fouling mitigation strategies in membrane bioreactors treating water and wastewater. *Bioresource Technology*, (2018) 258, 318–334.
- [18] Meng, F. i sur.: Fouling in membrane bioreactors: An updated review. *Water Research*, (2017) 114, 151–180.
- [19] Castro-Munoz, R., Conidi, C., Cassano, A.: Membrane-based technologies for meeting the recovery of biologically active compounds from foods and their by-products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (2018) (1), 1–74. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1478796>
- [20] Wu, B.: Membrane-based technology in greywater reclamation: A review. *Science of The Total Environment*, (2019) 656, 184–200.
- [21] Global Market Insights.: Global wastewater recovery systems market size by technology (activated carbon, ultra-filtration & reverse osmosis, membrane filtration, ion exchange resin systems, media filtration), by application (pharmaceuticals, oil & gas, metal mining, chemicals, food & beverages) industry analysis report, regional outlook (USA, Canada, UK, Germany, France, Spain, Italy, Poland, Russia, China, India, Japan, Australia, Malaysia, Indonesia, Saudi Arabia, UAE, South Africa, Brazil, Mexico, Argentina Competitive Market Share & Forecast, (2018) 2017–2024. Retrieved from <https://www.gminsights.com/industry-analysis/wastewater-recovery-systemmarket>
- [22] Nor, M. Z. M., Ramchandran, L., Duke, M., Vasiljevic, T.: Integrated ultrafiltration process for the recovery of bromelain from pineapple waste mixture. *Journal of Food Process Engineering*, (2016) 40(3), e12492.
- [23] Conidi, C., Drioli, E., Cassano, A.: Membrane-based agro-food production processes for polyphenol separation, purification and concentration. *Current Opinion in Food Science*, (2017) 23, 149–164.
- [24] Frascari, D. i sur.: Olive mill wastewater valorisation through phenolic compounds adsorption in a continuous flow column. *Chemical Engineering Journal*, (2016) 283, 293–303

- [25] Nayak, A., Bhushan, B., Rodriguez-Turienzo, L.: Recovery of polyphenols onto porous carbons developed from exhausted grape pomace: A sustainable approach for the treatment of wine wastewaters. *Water research*, (2018) 145, 741–756.
- [26] Shi, M., Wu, Z. L.: A novel three-stage foam separation technology for recovering sodium dodecylbenzene sulfonate from its wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, (2016) 63, 1–5.
- [27] Wenzig, R. N. E., Lingg, D. I. S., Kerzel, D. I. P., Zeh, O. T. G., Mersmann, D. I. A.: Comparison of selected methods for downstream processing in the production of bacterial lipase. *Chemical Engineering & Technology*, (1993) 16(6), 405–412.
- [28] Huang, D. i sur.: A novel process intensification approach of recovering creatine from its wastewater by batch foam fractionation. *Chemical Engineering & Processing Process Intensification*, (2016) 104, 13–21
- [29] Cheng, S. i sur.: Screening, separating, and completely recovering polyphenol oxidases and other biochemicals from sweet potato wastewater in starch production. *Applied Microbiology & Biotechnology*, (2015) 99(4), 1745–1753.
- [30] Sengupta, S., Nawaz, T., Beaudry, J.: Nitrogen and phosphorus recovery from wastewater. *Current Pollution Reports*, (2015) 1(3), 155–166.
- [31] Yang, B. i sur.: Flocculation treating technique for recovering proteins from casing-heparin wastewater. *Research of Environmental Sciences*, (2016) 29(9), 1385–1392.



## **9. PRILOZI**

### **9.1. Popis slika**

Slika 1. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda [6].....	10
Slika 2. Shema uređaja aerobni bioreaktor [8].....	17
Slika 3. Prikaz mješovitog sustava odvodnje .....	19
Slika 3. Prikaz mješovitog sustava odvodnje [11] .....	20
Slika 4. Prikaz razdjelnog sustava odvodnje [11] .....	21
Slika 5. Razdjelni sustav s djelomičnom recirkulacijom [11].....	22
Slika 6. Polurazdjelni ili djelomično razdjelni sustav odvodnje [11].....	23

### **9.2. Popis tablica**

Tablica 1. Organsko zagađenje koje potiče od pojedinih otpadnih tokova prehrambene industrije i industrije pića [4] .....	7
Tablica 2. Neke vrste onečišćenja otpadnih voda i njihove štetne posljedice [5].....	9
Tablica 3. Prosječni broj mikroorganizama koji se nalaze u različitim fazama obrade otpadnih voda i mulja [13] .....	25