

# UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA OGULINA -TEHNOLOGIJA I ZAŠTITA NA RADU

---

Sušanj, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:128:060951>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**



**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

Mario Sušanj

**UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE  
OTPADNIH VODA GRADA OGULINA –  
TEHNOLOGIJA I ZAŠTITA NA RADU**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024.

KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Safety and protection department

Professional undergraduate Study of safety and protection

Mario Sušanj

**WASTEWATER PURIFICATION DEVICE  
OF OGULIN – TECHNOLOGY AND  
PROTECTION AT WORK**

FINAL PAPER

Karlovac, 2024.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Mario Sušanj

**UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE  
OTPADNIH VODA GRADA OGULINA –  
TEHNOLOGIJA I ZAŠTITA NA RADU**

ZAVRŠNI RAD

**Mentor:** dr.sc. Igor Peternel, prof.struč.stud.

Karlovac, 2024.

# VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

## Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni studij: Sigurnost i zaštita na radu

Usmjerenje : Zaštita na radu

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Mario Sušanj

Matični broj: 0416614115

Naslov završnog rada:  
UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA OGULINA –  
TEHNOLOGIJA I ZAŠTITA NA RADU

Opis zadatka:

1. Uvod
2. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Ogulina
3. Opis tehnološkog procesa pročišćavanja otpadnih voda
4. Nadzor, upravljanje i održavanje sustava UPOV-a
5. Zaštita na radu i procjena rizika na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda
6. Zaključak
7. Literatura

Zadatak zadan:

7/2024.

Rok predaje:

10/2024.

Predviđeni rok obrane:

10/2024.

MENTOR:

dr. sc. Igor Peternel, prof. struč. stud.

Predsjednik Ispitnog Povjerenstva:

dr.sc. Zvonimir Matusinović, v. pred.

## **PREDGOVOR**

Pisanje ovog završnog rada predstavljalo je iznimno vrijedno iskustvo u mom obrazovanju, a uspješan završetak ne bi bio moguć bez pomoći i podrške nekoliko važnih osoba kojima bih se ovim putem želio zahvaliti.

Prije svega, srdačno se zahvaljujem svom mentoru, dr.sc. Igoru Peternelu na nesebičnoj podršci, savjetima i iskustvima kojima je pomogao da ovaj rad bude stručno i kvalitetno napisan.

Posebnu zahvalu dugujem svojim roditeljima i djeci, koji su, iako je ponekad bilo teško i dugo trajalo, ipak vjerovali i davali bezuvjetnu podršku prema ostvarenju mojih akademskih ciljeva.

Također, želim zahvaliti svojoj radnoj kolegici Tanji koja mi je svojim pozitivnim stavom i prijateljskom podrškom olakšala izazovne trenutke tijekom pisanja ovog završnog rada.

Na kraju, zahvaljujem se i svim ostalim radnim kolegama i prijateljima koji su na svojstven način doprinijeli mom uspjehu i podijelili sa mnom ovu životnu lekciju.

Hvala Vam od srca!

## SAŽETAK

Rad na temu "Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Grada Ogulina – tehnologija i zaštita na radu" obuhvaća analizu i opis tehnološkog procesa pročišćavanja otpadnih voda u gradu Ogulinu, s posebnim naglaskom na tehnologiju korištenu u postrojenju te na mjere zaštite na radu koje se primjenjuju pri upravljanju i održavanju uređaja.

U radu je opisana važnost pročišćavanja otpadnih voda s ciljem zaštite okoliša i očuvanja prirodnih vodnih resursa. Detaljno se opisuje tehnologija korištena na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda, uključujući mehaničke, biološke i kemijske procese pročišćavanja.

Također, u radu se analizira sigurnosti na radu, uključujući identifikaciju potencijalnih opasnosti za pojedina radna mjesta, kao što su rad s kemikalijama, biološke opasnosti i mehaničke nesreće, te mjere zaštite koje se provode radi sprječavanja nesreća i osiguravanja sigurnog radnog okruženja.

**KLJUČNE RIJEČI:** Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, zaštita na radu, procjena rizika, eksplozivna atmosfera

## **ABSTRACT**

The work on the topic "Wastewater treatment plant in the city of Ogulin - technology and safety at work" includes an analysis and description of the technological process of wastewater treatment in the city of Ogulin, with a special emphasis on the technology used in the plant and on the occupational safety measures that are applied during management and device maintenance.

The paper describes the importance of wastewater treatment in order to protect the environment and preserve natural water resources. The technology used in the wastewater treatment plant is described in detail, including mechanical, biological and chemical treatment processes.

Also, the work analyzes safety at work, including the identification of potential hazards for individual workplaces, such as working with chemicals, biological hazards and mechanical accidents, as well as protective measures implemented to prevent accidents and ensure a safe working environment.

**KEYWORDS:** waste water treatment device, safety at work, risk assessment, explosive atmosphere



## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA OGULINA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA .</b>	<b>3</b>
3.1. Ulazna crpna stanica i bazen oborinskih voda.....	3
3.2. Objekt mehaničkog pročišćavanja i fekalna stanica.....	4
3.3. Ulazni egalizacijski međuspremnik (MAB).....	6
3.4. SBR reaktor (Sequencing Batch Reactor) .....	8
3.5. Izlazni egalizacijski međuspremnik.....	11
3.6. Objekt membranskog pročišćavanja.....	11
3.7. Bazeni za dezinfekciju .....	13
3.8. Cikloni za mulj .....	14
<b>4. NADZOR, UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE SUSTAVA UPOV-a.....</b>	<b>18</b>
<b>5. ZAŠTITA NA RADU I PROCJENA RIZIKA NA UREĐAJU ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA.....</b>	<b>20</b>
5.1. Eksplozivna atmosfera na Uređaju za pročišćavanje otpadnih voda.....	38
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>43</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>44</b>
<b>8. POPIS SLIKA .....</b>	<b>45</b>
<b>9. POPIS TABLICA .....</b>	<b>46</b>

## 1. UVOD

Otpadne vode su otpadne tvari u tekućem obliku, a koje su upotrebom promijenile svoj prvobitni sastav tj. svoje fizikalne, kemijske, biološke i radioaktivne karakteristike. Otpadne vode su sve potencijalno onečišćene tehnološke i kućanske, oborinske i druge vode. One također sudjeluju u hidrološkom ciklusu, odnosno, voda se nakon upotrebe kanalizacijskim sistemom odvodi na tretman, tj. pročišćavanje i vraća u prirodni okoliš. Proces pročišćavanja otpadnih voda podrazumijeva smanjivanje onečišćenja do onih količina ili koncentracija s kojima pročišćene otpadne vode ispuštene u prijemnike postaju neopasne za život i ljudsko zdravlje i ne uzrokuju neželjene promijene u okolišu. Kako bi se otpadne vode mogle na zadovoljavajući način pročistiti i ispustiti u prijamnike, potrebno je analizirati učinkovitost pročišćavanja i djelovati na odgovarajući način. Analizirati učinkovitost pročišćavanja znači ispitati fizikalne, kemijske i biološke pokazatelje kvalitete vode na ulazu i izlazu iz pročistača [1, 2].

Kako bi se postiglo odgovarajuće pročišćavanje otpadne vode, sva voda skupljena kanalizacijskim sustavom dovodi se na Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda igraju ključnu ulogu u očuvanju okoliša i javnog zdravlja, tretirajući otpadne vode prije nego što se vrata u prirodni vodni ciklus. Međutim, rad na ovim postrojenjima nosi sa sobom značajne rizike za radnike, uključujući biološke, kemijske i fizičke opasnosti.

Osiguravanje odgovarajuće zaštite na radu na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda iznimno je važno za očuvanje zdravlja i sigurnosti radnika, zaštitu okoliša, osiguranje učinkovitosti postrojenja, te usklađivanje s pravnim i regulatornim zahtjevima.

## 2. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA OGULINA

S ciljem zaštite voda na području Grada Ogulina izgrađen je uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (slika 1) koji obuhvaća površinu od 8.195 m<sup>2</sup>, nazivnog kapaciteta 7.500 ES. Uređaj ima tri stupnja pročišćavanja otpadnih voda, a s radom je započeo 2013. godine [3].



Slika 1: UPOV Ogulin (autorske slike)

Za biološki postupak pročišćavanja otpadnih voda koristi se proces s aktivnim muljem koji se odvija u prisustvu kisika. Svi aerobni biološki postupci temelje se na principima samopročišćavanja, kao temeljnog svojstva prirodnog okoliša. Ljudskim djelovanjem, uvođenjem kisika u otpadnu vodu te stvaranjem velike aktivne površine pomoću pahuljica aktivnog mulja, postiže se u kratkom vremenu intenzivno pročišćavanje voda. Princip pročišćavanja sastoji se u uzgoju mikroorganizama i stvaranju povoljnih uvjeta za njihov rast i razvoj. Proces aktivnog mulja trenutačno je najčešće primjenjivan biološki postupak pročišćavanja otpadnih voda u razvijenom svijetu. S tehno-ekonomskog stajališta nadmašuje sve druge biološke postupke pročišćavanja otpadnih voda, a uspjeh se očituje u visokom učinku cjelokupnog sustava [4].

### 3. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

#### 3.1. Ulazna crpna stanica i bazen oborinskih voda

Otpadna voda koja dolazi iz dovodnog kanala DN 800 sa područja Grada Ogulina utječe na ulaznu crpnu stanicu (slika 2). Budući da se najniža točka kanala nalazi ispod dovodnog voda za daljnju obradu u uređaju za pročišćavanje, otpadna voda se pomoću crpki mora podići na višu razinu. Crpna stanica opremljena je dvjema crpkama, svaka ima maksimalni protok od 60 l/s. Kod normalnog rada koristi se jedna crpka, a druga je u Stand-By modu kao rezerva. Za upravljanje crpkama u oknu je ugrađen ultrazvučni mjerač razine punjenja. U sušnom periodu crpi se do 30 l/s, a u kišnom do 60 l/s u objekt mehaničkog pročišćavanja. Crpke imaju frekvencijsko upravljanje tako da se količina protoka može prilagoditi pogonskim uvjetima. U ulaznu crpnu stanicu također utječu sve interne otpadne vode UPOV-a. Budući da se u slučaju kiše razina vode u objektu podigne iznad točke uljeva, na tom mjestu cjevovoda montiran je nepovratni poklopac koji sprječava prodor otpadne vode iz crpne stanice u taj cjevovod i ostale prostore UPOV-a [5,6].

Da bi se spriječilo stvaranje neugodnih mirisa u ulaznoj crpnoj stanici, objekt je spojen na sustav cjevovoda za odsis zraka. Pomoću izmjene zraka četverostrukog volumena objekta, zrak u oknu se odsisava i odvodi do biofiltera pored zgrade mehaničkog pročišćavanja. U biofiltru zrak iz ulazne crpne stanice prolazi kroz filtarski sloj od drvenog malča. Na taj se način tvari koje mogu stvarati neugodne mirise razgrađuju pomoću mikroba u filtru, a neugodni mirisi izostaju [5,6].

Kod količine dotoka  $>60$  l/s, vodno lice u oknu ulazne crpne stanice podiže se do maksimuma i dostiže preljevni prag prema bazenu oborinskih voda. Crpke pumpaju maksimalno 60 l/s u objekt mehaničkog pročišćavanja, a višak vode preko preljevnog praga utječe u bazen oborinskih voda i tamo se akumulira. Kad se bazen oborinskih voda napuni do vrha, voda koja nastavi pritjecati, a utječe u njega, odvodi se preljevnom cijevi u procjedno korito na kraju uređaja. Nakon završetka kišnog perioda, kada količina otpadne vode padne na  $<60$  l/s, a razina napunjenosti u dovodnom oknu dostigne

definirani minimum, voda iz bazena oborinskih voda se pomoću automatskog ispusnog ventila slobodnim padom prazni u ulaznu crpnu stanicu [5,6].



Slika 2: Ulazna crpna stanica i bazen oborinskih voda (autorske slike)

### 3.2. Objekt mehaničkog pročišćavanja i fekalna stanica

Iz ulazne crpne stanice otpadna voda se u skladu s hidrauličkim propisima pumpa u objekt mehaničkog pročišćavanja (slika 3). Mehaničko pročišćavanje se sastoji od kompaktnog uređaja za maksimalnu količinu otpadne vode od 60 l/s koji integrira odvajanje krupnih čestica pomoću rešetki, separaciju pijeska te odvajanje masnoća u jednom agregatu [5,6].



Slika 3: Mehaničko pročišćavanje i fekalna stanica (autorske slike)

Prvi stupanj u kompaktnom uređaju obuhvaća finu rešetku veličine otvora 5 mm kako bi se iz otpadne vode odstranile krute čestice. Sito zadržava sve čestice veće od 5 mm koje se skupljaju u donjem dijelu rotirajućeg sita. Kod normalnog pogona se pomoću opreme za vremensko upravljanje (utvrđeno vrijeme rada i stanke) aktivira pužni transporter koji uklanja nakupljene krute tvari sa sita. Istovremeno se s prijenosom ostataka sa sita u gornjem dijelu transportne cijevi odvija prešanje tih ostataka. Pritom se veći dio vode cijedi iz ostatka i vraća u kompaktni uređaj. Ako se nakupi veća količina krutih čestica, a namještene faze rada pužnog transportera su prekratke da bi se nakupljene čestice odvele iz sustava, preostale čestice smanjuju presjek ispusta. Na taj se način pristigla otpadna voda ne može sigurno odvesti pa dolazi do porasta vodnog lica unutar kompaktnog uređaja. Rast vodnog lica registrira se mjernom sondom, tako da se kod dostizanja fiksno namještene maksimalne razine vodnog lica u kompaktnom uređaju aktivira pužni transporter pa se površina sita može očistiti. Kad se vodno lice spusti na normalnu razinu, pužni transporter se isključuje, a interval rada/stanke ponovno se pokreće. Nakon toga dehidrirani ostaci sa sita padaju iz gornjeg otvora transportne cijevi u kontejner na daljnje zbrinjavanje [5,6].

Nakon odstranjivanja ostataka sa sita otpadna voda ulazi u pjeskolov koji je ugrađen u kompaktnom uređaju. Čestice pijeska na temelju hidrauličnog prisilnog vođenja padaju na dno, dok lagane čestice (npr. masti) pomoću ugrađene ventilacije plivaju prema gore. Nataložene čestice pijeska se pužnim transporterom smještenim na dnu pjeskolova odvođe do izlaza te odatle vertikalnim pužnim transporterom otpremaju u uređaj za pranje pijeska. Uređaj za pranje pijeska služi za ispiranje organskih komponenti u pijesku. Nakon ispiranja se pijesak odvojen od vode ispušta u kontejner te se može dalje zbrinjavati. Masti koje se uslijed dovoda zraka nakupe na površini vode odstranjuju se i pomoću crpke odvođe u odvojeni kontejner [5,6].

Otpadne vode iz kućanstava koje nisu priključena na centralni sustav kanalizacije, na licu mjesta se odvođe u sabirne jame, te u redovitim razmacima kamionima prevoze na UPOV. Budući da te vode ostaju u jamama po nekoliko mjeseci, povećava se koncentracija otpadnih tvari, posebno krupnih vlakana i ostalih krutih tvari. Stoga je potreba prethodna obrada takvih koncentriranih otpadnih voda prije nego ih se može

uvesti u glavni tok UPOV-a. Za odvajanje nakupljenih krutih čestica postavlja se odvojeni separator tzv. fekalna stanica (slika 4) [5,6].



Slika 4: Fekalna stanica (autorske slike)

Konstrukcija ove jedinice fine rešetke odgovara rešetki kompaktnog uređaja i također ima otvore 5 mm. Nakon odvajanja krutih čestica otpadna voda se uvodi u pjeskolov kompaktnog uređaja, te se može poslati na daljnju obradu. Krute čestice ispuštaju se u isti kontejner namijenjen za ostatke iz kompaktnog uređaja [5,6].

Svi tehnički uređaji mehaničkog pročišćavanja i fekalne stanice priključeni su na centralni sustav odzračivanja. Odlazni zrak koji nastane u strojevima kontinuirano se odsisava i odvodi u biofiltrar na obradu. Područje gdje je smješten uređaj mehaničkog pročišćavanja označen je kao zona eksplozivne atmosfere i opremljen je detektorima plina koji registriraju metan ( $\text{CH}_4$ ) i sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) [5,6].

### **3.3. Ulazni egalizacijski međuspremnik (MAB)**

Nakupljeni filtrat i procesne vode se kao i prethodno pročišćena voda na daljnju obradu uvode u MAB (slika 5a). Odlazni vod do MAB-a prolazi nadzemno iznad zgrade, a prethodno pročišćena otpadna voda uvodi se pomoću PEHD cijevi (DN 1000) postavljene na zidu bazena čime se sprečava prskanje vode. Pomoću miješalice (slika 5b) koja se pokreće u redovitim razmacima, krute čestice koje su još uvijek prisutne u otpadnoj vodi

raspršuju se kako ne bi došlo do taloženja unutar bazena, te kako bi se sve otpadne tvari iz vode mogle prepumpati u SBR bazen na daljnju obradu [5,6].



Slika 5: a) Ulazni egalizacijski međuspremnik (MAB); b) Miješalica (autorske slike)

Ako se nakon provjetravanja u pjeskolovu mehaničkog pročišćavanja u otpadnoj vodi pronađu tvari koje stvaraju neugodne mirise i dospiju u ulazni međuspremnik, iste će oksidirati pomoću upuhanog zraka i neutralizirati će se neugodni mirisi. Za optimalno iskorištavanje procesno-tehnološkog kapaciteta, MAB služi za punjenje SBR-a u šaržama (serijama). Radni učinak crpki iznosi 90 l/s [5,6].

SBR-uređaji se u kratkom periodu impulsno pune otpadnom vodom čime se postiže tzv. pritisak supstrata (visok priljev otpadnih tvari u kratkom vremenu). U tim se slučajevima u jednom ciklusu izmjenjuju faze visoke i niske raspoloživosti supstrata. Masa bakterija se već nakon kratkog vremena navikne na takav kolebajući dovod onečišćenja, te svoj metabolizam prilagode tim ekstremnim uvjetima. Na taj se način bakterijska masa u SBR-uređajima razvije u jedan oblik „visokoučinske biologije“. Rezultat je bitno veća učinkovitost bakterija u odnosu na biomasu dosadašnjih protočnih uređaja. Ovakva učinkovitost jedan je od razloga zbog čega su SBR-uređaji manje osjetljivi na redovitu izmjenu impulsnog onečišćenja [5,6].

Da bi se redovito mogao postizati tzv. pritisak supstrata, otpadnu vodu je u SBR-reaktor potrebno regulirano dodavati pomoću crpke. Gravitacijski tok otpadne vode iz MAB-a u SBR-reaktor izazvao bi neželjeno smanjenje pritiska supstrata. Bakterije bi se na taj način ponovno privikle na smanjeni učinak, tako da bi se izgubila bitna prednost SBR-uređaja.



Zbog toga se otpadne vode ne dovode gravitacijski u SBR. Aktivnost biomase može se zadržati na visokoj razini jedino uz kontinuirano održavanje pritiska supstrata reguliranim ubrizgavanjem otpadne vode. Time je potrebno i manje kisika pa se može uštedjeti energija za aeraciju. Senzor razine punjena i mjerna pH sonda u egalizacijskom međuspremniku stalno dojavljuje njegovo stanje [5,6].

### 3.4. SBR reaktor (Sequencing Batch Reactor)

Na početku svake SBR faze, SBR (slika 6) se puni volumenom otpadne vode koji ovisi o procesu. Da bi se osiguralo da procesne faze taloženja i dekantiranja budu bez turbulencije, tada se SBR ne puni. Upravljanje i nadzor crpki ostvaruje se pomoću mjerača razine s funkcijama ON/OFF i alarmnim razinama, koji su fleksibilni i programirani u sustavu za procesno upravljanje. Osim toga, za kontrolu procesa predviđeno je mjerenje pH vrijednosti [5,6].



Slika 6: SBR reaktor (autorske slike)

Za biološko pročišćavanje primijenjen je proces aktivnog mulja sa simultanom aerobnom stabilizacijom. SBR tehnologija je diskontinuirana, vremenski orijentirana tehnologija. Prostorno odvojene komponente funkcije konvencionalnog uređaja aktivnog mulja (biološka faza/naknadno taloženje) se obavljaju u jednom spremniku [5,6].

Glavne faze ciklusa biološkog procesa pročišćavanja u SBR uređaju jesu [5,6]:

- Faza punjenja – pred-pročišćena otpadna voda teče u fazi punjenja iz MAB-a preko ulaznog faznskog komada u SBR
- Reakcijske faze – nitrifikacija i denitrifikacija
  - Faza nitrifikacije – aerobni uvjeti (prisutan je otopljeni kisik, ali i kemijski vezani kisik - nitrat). Ova faza se može s obzirom na uvjete pritjecanja otpadne vode u jednom ciklusu odvijati nekoliko puta. Tijekom faze nitrifikacije preostale organske rastopljene tvari u reaktoru oksidiraju te se  $\text{NH}_4$  (amonijak ) pretvara u  $\text{NO}_3$  (nitrat). Dovod kisika koji se koristi u ovoj fazi osiguran je pomoću rotornog puhalo zraka, a fini mjehurići za aeraciju dolaze preko pločastih difuzora montiranih na dnu bazena (slika 7).



Slika 7: a) Rotorno puhalo; b) Pločasti difuzor (autorske slike)

- Faza denitrifikacije – anoksični uvjeti (nema otopljenog kisika, samo kemijski vezan kisik – nitrat). Faza denitrifikacije slijedi nakon faze nitrifikacije i u ovoj fazi posebni mikroorganizmi (denitrifikanti) koriste kemijski vezan kisik iz nitrata za održavanje metabolizma kao alternativni izvor kisika. Kisik se koristi za izmjenu tvari (ispuštanje  $\text{CO}_2$  – ugljikov dioksid) i  $\text{NO}_3$  se degradira u molekularni  $\text{N}_2$  (dušik). Za učinkovitu denitrifikaciju mora postojati odgovarajuća koncentracija lako razgradivih

tvori. Zbog toga se početkom faze denitrifikacije veća količina otpadnih voda skuplja u SBR-u. Za vrijeme kompletne faze denitrifikacije kompresori su ugašeni. Nakon završetka denitrifikacije, a ovisno o napunjenosti spremnika, slijedi faza nitrifikacije ili faza taloženja.

- Faza taloženja – tijekom ove faze nema dovoda otpadne vode u SBR. Ova faza služi težinskom odvajanju biološki pročišćene otpadne vode od aktivnog mulja. Kakvoća i brzina ovog odvajanja određuje se kroz svojstva taloženja aktivnog mulja. Zaključke o ponašanju taloženja daju volumen mulja, udio suhih tvari, te iz te dvije vrijednosti rezultirajući indeks volumena mulja.
- Faza dekantiranja – sastoji se od dva procesa – ispust čiste vode i ispust viška mulja. Po završetku faze ispusta čiste vode, regulacijski uređaj - dekanter se vraća u svoju gornju poziciju iznad razine vode. Čista voda koju je povukao dekanter teče gravitacijski u izlazni međuspremnik. Nakon ili za vrijeme faze ispusta čiste vode potopnom pumpom se odvodi višak mulja nastao uslijed izmjene tvari mikroorganizama. Početak faze odvodnje mulja može se slobodno odrediti ovisno o zgušnjavanju mulja. Višak mulja otprema se u ciklon mulja.

Dodatno, u SBR se dodaje i koagulant željezo(III) klorid ( $\text{FeCl}_3$ ) kako bi se postigla bolja efikasnosti uklanjanja zagađujućih tvari, a posebno radi uklanjanja fosfora i suspendiranih čestica.  $\text{FeCl}_3$  se koristi zbog svoje sposobnosti da izazove koagulaciju i flokulaciju, čime se omogućava taloženje neželjenih materija iz vode. Uvođenje  $\text{FeCl}_3$  u SBR ne samo da doprinosi boljem uklanjanju fosfora, već pomaže i u smanjenju mutnoće i poboljšava ukupnu kvalitetu pročišćene vode [5,6].

Za regulaciju pH vrijednosti u SBR reaktoru doziraju se sumporna kiselina ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) i natijev hidroksid ( $\text{NaOH}$ ).  $\text{H}_2\text{SO}_4$  učinkovito snižava pH vrijednost otpadne vode, čime se stvaraju optimalni uvjeti za odvijanje bioloških i kemijskih procesa, a što je potrebno za učinkovitije taloženje fosfora.  $\text{NaOH}$  učinkovito povećava pH vrijednost otpadne vode što je ključno za aktivnost mikroorganizama koji sudjeluju u procesima poput nitrifikacije, gdje bakterije pretvaraju amonijak u nitratre [5,6].

### 3.5. Izlazni egalizacijski međuspremnik

Prije obrade biološki pročišćene otpadne vode pomoću membrana i/ili dezinfekcije, otpadna voda koja se odvodi iz SBR reaktora privremeno se skuplja u izlaznom međuspremniku (slika 8) veličine 1.000 m<sup>3</sup>. U izlaznom međuspremniku instalirane su dvije uronjene motorne crpke, jedna služi za punjenje ultrafiltracije, a druga za punjenje obilaznog voda. Senzor razine punjenja stalno dojavljuje stanje izlaznog međuspremnika. Ako smetnja u radu onemogući pražnjenje međuspremnika pomoću crpki, a on se i dalje puni, voda se može ispustiti preko preljeva za slučaj nužde. Voda koja dopijeva u preljev za slučaj nužde uvodi se u internu kanalizaciju te se ponovno vraća u ulaznu crpnu stanicu i ciklus pročišćavanja. Time se sprječava da samo biološki pročišćena voda dopije u upojni zdenac UPOV-a bez prethodnog pročišćavanja kroz membrane i/ili dezinfekcijski sustav [5,6].



Slika 8: Izlazni egalizacijski međuspremnik (autorske slike)

### 3.6. Objekt membranskog pročišćavanja

Sustav tercijarnog pročišćavanja je kombinacija ultrafiltracije, nanofiltracije i dezinfekcije klorom čime se garantira visoka kvaliteta efluenta [5,6].

Iz izlaznog međuspremnika crpkama se puni ultrafiltracijski sustav (slika 9) biološki pročišćenom vodom. Prije ultrafiltracijskog sustava pred-pročišćena voda prolazi kroz mikrosito da se uklone velike čestice koje se potencijalno još nalaze u biološkom efluentu.

Zatim pred-pročišćena voda prolazi kroz membrane ultrafiltracijskog sustava. Proces ultrafiltracije radi na principu Dead End što znači da voda koja ulazi u membranski sustav prolazi pod pritiskom kroz membrane bez poprečnog tijeka. S obzirom da je ultrafiltracija postupak površinske filtracije, na površini membrane brzo se stvara „filtarski kolač“ koji pomaže filtraciji te štiti površinu membrana od štetnog utjecaja nepovoljnih tvari. Površina membrane je hidrofilna kako bi privlačila vodu, a odbijala ulje i masnoće. Dok se voda cijedi kroz pore ultrafiltracijskih membrana veličine 0,2  $\mu\text{m}$ , globule ulja i masti, suspendirane krute tvari, bakterije, virusi i neke druge, finije biološke supstance zadržavaju se na ultrafiltracijskoj membrani. Filtrat se skuplja u tzv. spremniku za povratno ispiranje membrana. „Kolač“ koji se stvorio na površini membrana potrebno je povremeno ukloniti. Čišćenje membrana obavlja se dodatkom sulfatne kiseline ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) i natrijeve lužine ( $\text{NaOH}$ ) čime se postiže bolja učinkovitost ultrafiltracije, poboljšanje kvalitete pročišćene vode te se smanjuje začepljenje i oštećenje membrana. Crpka za povratno ispiranje uzima ultrafiltracijski filtrat iz spremnika i pumpa ga u suprotnom smjeru kroz membrane ultrafiltracije. Prljava voda zajedno s tvarima iz „kolačića“ vraća se u MAB gdje se miješa s dovodnom sirovom otpadnom vodom [5,6].



Slika 9: a) Ultrafiltracijski sustav; b) Membrane (autorske slike)

Na UPOV-u je ugrađen i sustav nanofiltracije, ali zbog skupoće samog procesa i održavanja isti se ne koristi.

### 3.7. Bazen za dezinfekciju

Efluent iz UPOV-a se uvodi u bazen za dezinfekciju (slika 10) prije nego što se procjeđuje u upojnom zdencu. Ako dođe do kvara ili prekida rada membranskog sustava, efluentu se dodaje natrijev hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ). Da bi se osiguralo dostatno kontaktno vrijeme i vrijeme reakcije, dezinfekcijski bazen je uvijek pun. Voda iz membranskog sustava, odnosno izlaznog međuspremnika posebnom uljevnom cijevi ravnomjerno utječe u bazen za dezinfekciju. Kroz preljevnu cijev postavljenu na suprotnoj strani bazena, voda iz njega ulazi u upojni zdenac. Pomoću te cijevi vodno lice u dezinfekcijskom bazenu održava se na istoj razini. Ako je membranski sustav u pogonu, ne provodi se dezinfekcija klorom [5,6].



Slika 10: Bazen za dezinfekciju (autorske slike)

Voda protisnuta kroz membrane ispušta se u podzemlje u tzv. vrtaču (slika 11), čime završava put pročišćavanja otpadne vode na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Grada Ogulina [5,6].



Slika 11: Vrtača (autorske slike)

### 3.8. Cikloni za mulj

Višak mulja koji nastaje tijekom biološke faze uklanja se iz SBR-a pomoću uronjenih motornih crpki i skladišti u obliku mokrog mulja s udjelom suhe tvari od cca. 1% u dva ciklona za mulj (slika 12), svaki volumena  $100 \text{ m}^3$ . Dovod mulja u ciklone regulira se shodno razini punjenja koja se kontinuirano mjeri. Izvedba ovakvih ciklona za mulj dozvoljava kontinuiranu odvodnju slobodne vode između stanica mulja, tako da se u tri dana postiže zgušnjavanje mulja od 5-8%. Zamućena voda koja kontinuirano nastaje zgušnjavanjem viška mulja gravitacijski se vodi kroz preljevni žlijeb u gornjem dijelu ciklona u odgovarajući cjevovod u dolazni vod MAB-a [5,6].



Slika 12: Cikloni za mulj (autorske slike)

Prethodno zgusnuti mokri mulj iz ciklona se pomoću ekscentrične pužne crpke dovodi do centrifuge (slika 13a). Radi bolje odvodnje mulja, polimeri se injekcijskom crpkom doziraju izravno u dolazni vod centrifuge. Mulj se dovodi na rotirajući bubanj s visokim brojem okretaja, kruta tvar se uslijed centrifugalne sile taloži na unutarnjoj stijenci bubnja odakle je do ispusta za krute tvari prenosi čvrsto oklopljen pužni transporter. Pročišćena tekućina odvodi se do ispusta tekućine, te otječe u internu kanalizaciju. Dehidrirani mulj s udjelom suhe tvari od cca. 22-25% iz centrifuge pada izravno na pužni transporter kojim se prevozi na plato za skladištenje mulja (slika 13b) [5,6].



Slika 13: a) Centrifuga za mulj; b) Dehidrirani mulj na platou (autorske slike)



Sve kemikalije koje se koriste u procesu pročišćavanja otpadne vode ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i  $\text{NaOCl}$ ) nalaze se u zasebnim spremištima zgrade ultrafiltracije (slika 14a) te su osigurane od nenamjernog utjecaja ili ispuštanja u okoliš. Prostori su vidljivo označeni natpisima o pojedinoj vrsti kemikalije, sigurnosno tehničkim listovima za svaku kemikaliju, te uputama za siguran rad prilikom postupanja s kemikalijama. Doziranje kemikalija vrši se zasebnim pumpama (slika 14b) vođenih PLC-ovima koje su spojene na sustav ultrafiltracije, te cijevima do SBR bazena [5,6].



Slika 14: a) Spremište kemikalija; b) Dozirne pumpe za kemikalije (autorske slike)

Zaštita okoliša osigurava se provjerom i skladištenjem u plastične kontejnere kapaciteta 1000 L, te zaštitnim tankvanama od 1200 L, koje su smještene ispod samih plastičnih kontejnera s kemikalijama (slika 15). Funkcija tankavane je da spriječi izlivanje ovih kemikalija u okoliš, čime se izbjegava ekološka šteta. Zadržavanjem izlivenih tekućina unutar tankvane smanjuje se rizik od trovanja ili drugih nezgoda na radnom mjestu. Upotreba tankvana često je obvezna prema zakonodavstvu o zaštiti okoliša i sigurnosti na radu, osobito u industrijama koje rukuju opasnim tvarima [5,6].

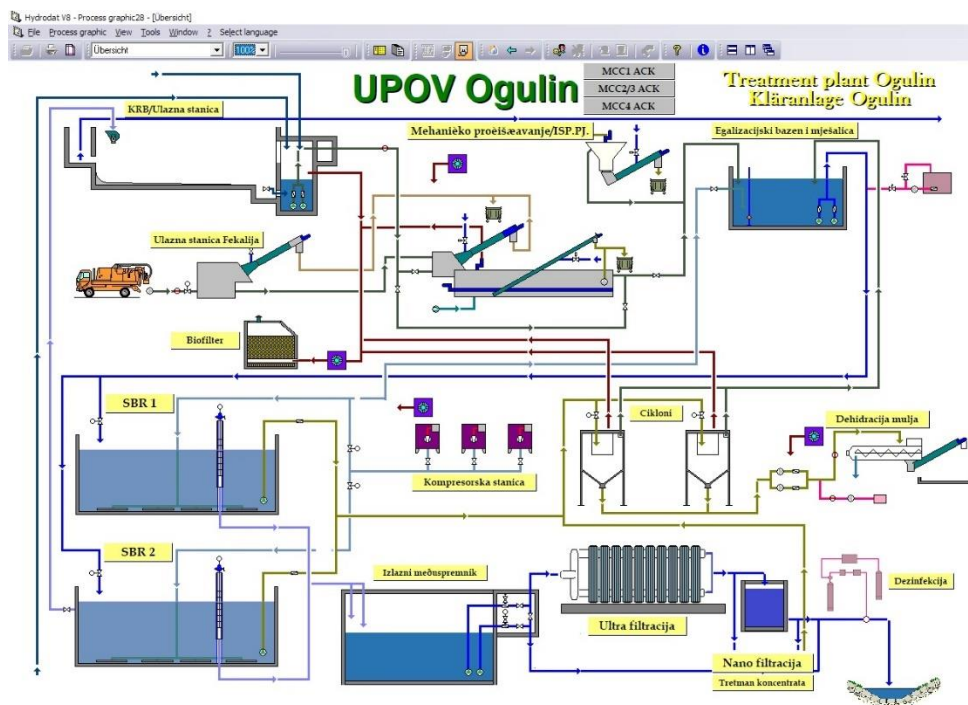


Slika 15: Spremnik s  $\text{FeCl}_3$  i tankvana (autorske slike)

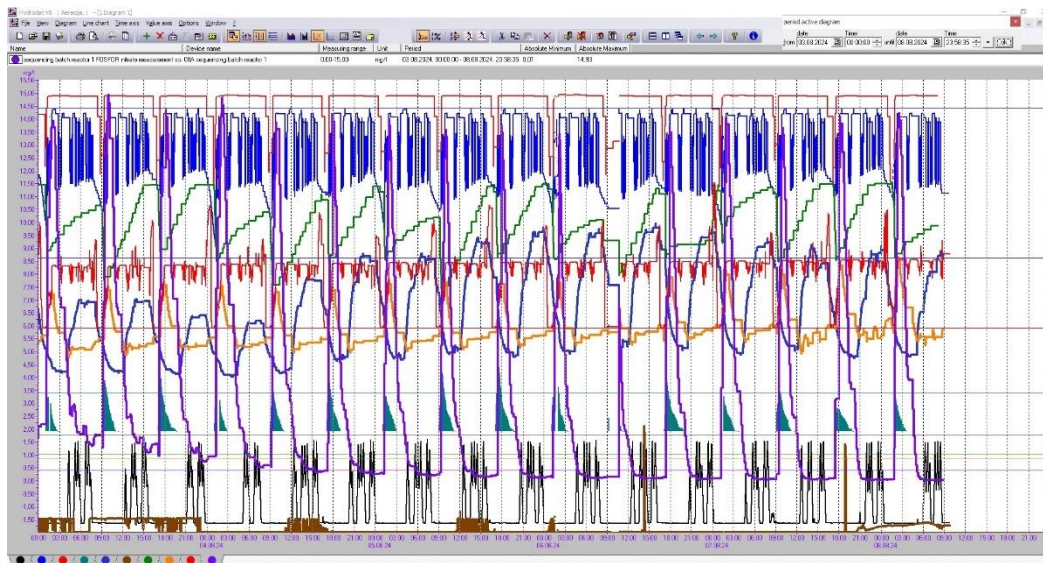
Strojar na poslovima UPOV-a Ogulin prati automatsko dodavanje kemikalija u proces pročišćavanja, jer se njihovom pravilnom primjenom osigurava učinkovito uklanjanje zagađivača, zaštita opreme i postizanje potrebnih standarda kvalitete pročišćene vode [5,6].

#### 4. NADZOR, UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE SUSTAVA UPOV-a

Ured za nadzor, upravljanje i održavanje predstavlja odvojeni prostor koji je opremljen računalima za opažanje procesa i analizu zaprimljenih podataka i automatike, a što se radi pomoću SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sustava (slika 14). SCADA sustavi omogućuju daljinski nadzor i kontrolu procesa pročišćavanja otpadnih voda. Ovi sustavi prikupljaju podatke iz različitih senzora postavljenih na ključnim točkama unutar postrojenja i omogućuju operatorima da brzo reagiraju na bilo kakve promjene u radu uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (slika 15) [7].



Slika 16: SCADA sustav [8]



Slika 17: Praćenje parametara pomoću SCADA sustava [8]

Osim navedenoga, laboratorijski se posebnim metodama ispituju slijedeći pokazatelji: pH-vrijednost, taloženje po Imhoffu, suhi ostatak, suspendirana tvar, KPK, BPK<sub>5</sub>, amonijak, nitrati, nitriti, ukupni dušik, ukupni fosfor, ortofosfati te mikroskopski izgled biološkog mulja.

## **5. ZAŠTITA NA RADU I PROCJENA RIZIKA NA UREĐAJU ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA**

Zaštita na radu na uređaju za pročišćavanje otpadne vode je od ključne važnosti zbog specifičnih rizika prisutnih u ovom radnom okruženju. Radnici se suočavaju s različitim opasnostima, uključujući izloženost štetnim kemikalijama, biološkim agensima, mehaničkim opasnostima, opasnostima od električnog udara te opasnostima od eksplozivne atmosfere. Da bi se osigurala sigurnost zaposlenika, potrebno je primjenjivati stroge sigurnosne mjere i procedure prema uputama i propisima zaštite na radu [9, 10].

Ove mjere uključuju korištenje osobne zaštitne opreme (OZO) kao što su rukavice, zaštitne naočale, maske te odjeće i obuće otporne na kemikalije. Također, važna je redovita obuka zaposlenika o sigurnosnim procedurama, pravilnoj upotrebi opreme i postupanju u hitnim situacijama. Uređaji za pročišćavanje otpadne vode moraju biti redovito održavani i pregledavani kako bi se spriječili kvarovi i nesreće. Primjena standarda i zakonskih propisa iz područja zaštite na radu pomaže u minimiziranju rizika i osiguravanju sigurnog radnog okruženja za sve zaposlene [9, 10].

U sklopu obavljanja poslova na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda ili tijekom kontroliranja pojedinih uređaja, svakodnevno postoji mogućnost udisanja loših mirisa, a kod ručnog uzimanja uzoraka i mogućnost djelovanja bioloških agenasa. Posebno je djelovanje bioloških agenasa i loših mirisa prisutno kod potrebnog održavanja pojedinih uređaja i sabirnih spremnika, kada je to izraženo u dužem vremenskom periodu. Isto se događa i kod pražnjenja namjenskih transportnih vozila (cisterni) koje se prazne na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda. U sklopu mehaničkog pročišćavanja otpadnih voda i membranskog pročišćavanja otpadnog mulja može doći do zasićenja prisutnog zraka sa  $\text{CH}_4$  (metan) i  $\text{H}_2\text{S}$  (sumporovodik) koji u kombinaciji sa zrakom mogu biti eksplozivni, tako da su u objektu mehaničkog pročišćavanja ugrađeni instrumenti za mjerenje koncentracije tih plinova. Ti uređaji su spojeni na automatsko ventiliranje prostorije kada se dostignu predviđene koncentracije da ne dođe do eventualne eksplozije i štetnog utjecaja na zaposlenike [9, 10].

Za izvođenje ovih poslova potrebno je koristiti sva predviđena osobna zaštitna sredstva za zaštitu udisanja i dišnih organa, prilagođene alate za rad u eksplozivnim atmosferama, te potrebna ostala osobna zaštitna sredstva za siguran rad. Nije dozvoljen rad u takvim ili sličnim prostorima za trudnice i majke koje doje dijete u vremenu dojenja.

Rad svih uređaja na UPOV-u tehnološki je povezan i informatički se prati preko postavljenih računala.

Od strojeva i uređaja s povećanom opasnošću u sklopu uređaja za pročišćavanje otpadnih voda nalazi se posebno projektirana tehnološka linija strojeva i uređaja koji su tehnološki povezani u jednu cjelinu, te se tako i kontroliraju.

Kod obavljanja svih poslova kod kontrole rada i održavanja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda postoje slijedeće opasnosti, štetnosti i naponi, i to [11]:

- mehaničke opasnosti od raznih alata, dijelova strojeva i uređaja i različitih predmeta,
- opasnost od padova i poskliznuća u prostorijama i poslovnom prostoru,
- opasnost od pada u dubinu kod čišćenja vanjskih spremnika za otpadnu vodu,
- opasnost od električne energije kod korištenja strojeva i uređaja,
- opasnost od hladnih tvari u zimskom periodu,
- opasnost od eksplozija i požara kod zasićenog zraka,
- moguća biološka štetnost od bioloških agenasa zaraznih materijala kod rada sa uređajem,
- moguća kemijska štetnost od korozijskih i njihovih spojeva,
- odgovornost za živote ljudi i materijalna dobra,
- ostali psihofizički naponi.

S obzirom da zaštita na radu predstavlja sustavni pristup osiguravanju sigurnih i zdravih uvjeta rada za sve zaposlenike, cilj je korištenjem različitih mjera i postupaka smanjiti rizik od ozljeda, bolesti i drugih negativnih posljedica povezanih s radnim okruženjem. Ključni aspekt učinkovitog upravljanja zaštitom na radu je procjena rizika, koja

omogućuje prepoznavanje potencijalnih opasnosti i procjenu njihovih učinaka na sigurnost i zdravlje radnika.

Procjena rizika je temeljni dokument u zaštiti na radu. Podrazumijeva postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora u smislu nastanka ozljede na radu, profesionalne bolesti, bolesti u svezi s radom te poremećaja u procesu rada koji bi mogao izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika [12].

Obveza izrade procjene rizika regulirana je člankom 18. Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18), a Pravilnikom o izradi procjene rizika (NN 112/14, NN 129/19) propisani su uvjeti, način i metoda izrade procjene rizika, obvezni sadržaji obuhvaćeni procjenom i podaci na kojima se procjena rizika temelji, te klasifikacija opasnosti, štetnosti i napora na radu i u vezi s radom [12, 13].

Rizik je umnožak vjerojatnosti nastanka opasnog ili štetnog događaja i štetnosti toga događaja, odnosno njegove posljedice [12].

Procjenjivanje rizika provodi se u skladu s matricom procjene rizika prema općim kriterijima razine rizika (vjerojatnost, posljedica) kako je navedeno u Tablicama 1-3 [12]:

Tablica 1: Vjerojatnost

1.	Malo vjerojatno	Ne bi se trebalo dogoditi tijekom cijele profesionalne karijere radnika.
2.	Vjerojatno	Može se dogoditi samo nekoliko puta tijekom profesionalne karijere radnika.
3.	Vrlo vjerojatno	Može se ponavljati tijekom profesionalne karijere radnika.

Tablica 2: Posljedice (veličina posljedica - štetnosti)

1.	Malo štetno	Ozljede i bolesti koje ne uzrokuju produženu bol (kao npr. male ogrebotine, iritacije oka, glavobolje itd.).
2.	Srednje štetno	Ozljede i bolesti koje uzrokuju umjerenu, ali produženu bol ili bol koja se povremeno ponavlja (kao npr. rane, manji

		prijelomi, opekotine drugog stupnja na ograničenom dijelu tijela, dermatološke alergije itd.).
3.	Izrazito štetno	Ozljede i bolesti koje uzrokuju tešku i stalnu bol i/ili smrt (kao npr. amputacije, komplicirani prijelomi, rak, opekotine drugog ili trećeg stupnja na velikom dijelu tijela itd.).

Tablica 3: Matrica procjene rizika

Vjerojatnost	Veličina posljedica (štetnosti)		
	Malo štetno	Srednje štetno	Izrazito štetno
Malo vjerojatno	Mali rizik	Mali rizik	Srednji rizik
Vjerojatno	Mali rizik	Srednji rizik	Veliki rizik
Vrlo vjerojatno	Srednji rizik	Veliki rizik	Veliki rizik

Rizik može biti mali, srednji i veliki. Poslovi s malim rizicima su administrativni, uredski i slični poslovi, dok su poslovi s velikim rizicima poslovi koji su kao takvi utvrđeni procjenom rizika. Također, poslovi s velikim rizicima utvrđeni su i posebnim propisom o poslovima s posebnim uvjetima rada [12].

Poslodavac je obvezan imati izrađenu procjenu rizika u pisanom ili elektroničkom obliku za sve poslove koje za njega obavljaju radnici i osobe na radu. Procjenjivanje rizika se provodi uz aktivno sudjelovanje radnika koji obavljaju poslove i uz uvažavanje njihovih stavova. Poslodavac o sudjelovanju radnika mora imati dokumentirane informacije. Procjena rizika mora odgovarati postojećim rizicima na radu i u vezi s radom i mora biti dostupna radniku na mjestu rada.

Postupak procjene rizika sastoji se od [12]:

1. Prikupljanja podataka na mjestu rada,
2. Analize i procjene prikupljenih podataka što uključuje: utvrđivanje opasnosti, štetnosti i napora; procjenjivanje opasnosti, štetnosti i napora; utvrđivanje mjera za uklanjanje odnosno smanjivanje razine opasnosti, štetnosti i napora,



3. Plana mjera za uklanjanje odnosno smanjivanje razine opasnosti, štetnosti i napora koji sadrži: rokove, ovlaštenike odgovorne za provedbu mjera, način kontrole nad provedbom mjera,
4. Dokumentiranja procjene rizika.

Prikupljanje podataka na mjestu rada uključuje:

1. Poslove koji se obavljaju na mjestu rada,
2. Broj radnika koji obavljaju iste poslove,
3. Mjesta rada gdje se poslovi obavljaju,
4. Uređenje mjesta rada,
5. Popis radne opreme,
6. Popis fizikalnih, kemijskih i bioloških štetnosti,
7. Organizaciju rada i raspored radnog vremena.

Obvezni prilozi za procjenu rizika

1. Sigurnosni podaci izvora fizikalnih štetnosti, kemikalija, bioloških agensa,
2. Popis radne opreme koja se koristi pri obavljanju poslova,
3. Popis osobne zaštitne opreme za poslove kod kojih se mora upotrebljavati,
4. Popis potrebnih ispitivanja,
5. Popis poslova s posebnim uvjetima rada.

Na UPOV-u Ogulin stalno je zaposleno 3 radnika na sljedećim radnim mjestima:

- Voditelj laboratorija
- Strojar na poslovima UPOV-a
- Viši električar

Sukladno Pravilniku o izradi procjene rizika izrađena je procjena rizika koja je prikazana u danim Tablicama [11].

Tablica 4: Procjena rizika za radno mjesto Voditelj laboratorija

Broj	Opasnost, iii štetnost napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
1.	Mehaničke, (ručni alati)	Rukovanje ručnim alatom	Povremeno	Porezotine, ubodne rane, udarac	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, kontrola alata, uporaba osobnih zaštitnih sredstva (rukavice, naočale, cipele s kapičom)	2	2	S	Redovita kontrola i održavanje alata, uporaba rukavica, naočala, cipela s kapičom, pridržavanje uputa za rad na siguran način
2.	Mehaničke	Strojevi i oprema	Povremeno	Udarac, nagnječenje	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, kontrola i održavanje strojeva, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, rukavice, cipele s kapičom	2	2	S	Redovita kontrola i održavanje strojeva, pridržavanje uputa za rad na siguran način , uporaba osobnih zaštitnih sredstva
3.	Mehaničke opasnosti	Prometna nesreća	Svakodnevna	Udarac, nagnječenje, prijelom, smrt	-	-	Prometna pravila	1	3	S	Pridržavanje prometnih pravila i propisa
4.	Mehaničke opasnosti	Rukovanje predmetima	Svakodnevno	Udarac, iščašenje, prijelom, nagnječenje	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, uporaba zaštitnih cipela s kapičom, zaštitna kaciga, rukavice	3	2	V	Pridržavanje uputa za rad na siguran način , uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zdravstveni nadzor
5.	Mehaničke opasnosti	Ostale mehaničke opasnosti	Povremeno	otvorene rane (ubodi, posjekotine, nagnječenje, natučenje, razderotine), zatvorene rane, prijelomi, višestruke ozljede			Primijenjene su osnovne i posebne mjere zaštite na radu. Radnici koriste predviđena odgovarajuća osobna zaštitna sredstva.	2	2	S	Potrebno je istaknuti upute za rad sa ručnim alatima i strojevima
6.	Opasnosti od padova (pad na istoj razini)	Pokliznuće, spoticanje, prevrtanje	Svakodnevno	Udarac, prijelom, nagnječenje, iščašenja, uganuća	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, uporaba zaštitnih cipela s kapičom	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način , uporaba osobnih zaštitnih sredstva

Broj	Opasnost, ili štetnost napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
7.	Pad predmeta	Padovi predmeta i materijala s viših razina	Povremena	Udarac, prijelom	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, , uporaba osobnih zaštitnih sredstva, kaciga	3	2	V	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zaštitna kaciga
8.	Opasnosti od električne	Ostale električne opasnosti	Incidentna	Bolovi i kontrakcije u mišićima	-	-	Ispitivanje i održavanje električnih instalacija	1	3	S	Redovno ispitivati električne instalacije i ne koristiti uređaje i dijelove koji su neispravni
9.	Biološke štetnosti	Biološke štetnosti (fekalije)	Povremeno		Kronične bolesti respiratornog sustava i oka. Specifična preosjetljivost (bronhalni hiperreaktori).		Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva. Propisana je tehnologija rada u pisanom obliku. Radnici se redovito upućuju na liječničke preglede u ovlaštenu medicinu rada.	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva (respirator)
10.	Kemijske štetnosti	Nadražljivci	Povremeno	Kaustični učinci na kožu, nadražaj sluznica oka, organa za disanje, probavnih organa	Kronične bolesti respiratornog sustava i sluznice oka, a kod izloženosti formaldehidu još i sklonost alergiji.		Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva. Provede se ispitivanja parametara radnog okoliša. Mjeri se vrijeme izloženosti radnika.	1	2	M	Redovito prati ruke i koristiti zaštitne rukavice

Broj	Opasnost, ili štetnost napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
11.	Kemijske štetnosti	Senzibilizatori	Povremeno	Iritacija i nadraživanje kože, nadražaj nosa, grla i gornjih dišnih puteva	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, uporaba zaštitnih rukavica, zaštitna maska, zaštitne naočale	2	2	S	Pridržavati se sigurnosno tehničkim listovima, pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, maska, zaštitne rukavice, zaštitne naočale
12.	Statodinamički napori	Ostali dinamički napori	Svakodnevno,		Kronične bolesti kardiovaskularn og i respiratornog sustava i druge bolesti	Pojava grčeva u dijelovima tijela.	Primjenjuju se posebna i osnovna pravila i mjere zaštite na radu..	1	2	S	Radnici trebaju redovito izvoditi vježbe istezanja i razgibavanja.

\*V = vjerojatnost, P = posljedica, R = rizik

Poslove ovog radnog mjesta ne može obavljati	<input checked="" type="checkbox"/> Malodobnik	<input checked="" type="checkbox"/> Trudnica	<input checked="" type="checkbox"/> Dojilja
--	--	--	---

Tablica 5: Procjena rizika za radno mjesto Strojari na poslovima UPOV-a

Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
1.	Mehaničke, (ručni alati)	ručni alat	Svakodnevn	Porezotine, ubodne rane, udarac	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, kontrola alata, uporaba osobnih zaštitnih sredstva (rukavice, naočale, cipele s kapičom)	2	2	S	Redovita kontrola i održavanje alata, uporaba rukavica, naočala, cipela s kapičom, pridržavanje uputa za rad na siguran način
2.	Mehaničke (mehanizirani alati)	mehanizirani alat	Svakodnevno	Porezotine, rane, udarac, strano tijelo u oku	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, kontrola i održavanje mehaniziranog alata, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zaštitni vizir, rukavice, cipele s kapičom, štitnici za sluh	2	2	S	Redovita kontrola i održavanje alata, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, pridržavanje uputa za rad na siguran način
3.	Mehaničke (strojevi i oprema)	Strojevi i oprema	Svakodnevno	Udarac, nagnječenje	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, kontrola i održavanje strojeva, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, rukavice, cipele s kapičom	2	2	S	Redovita kontrola i održavanje strojeva, pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva
4.	Mehaničke opasnosti	Sredstva za horizontalni prijenos, prijevozna vozila: automobili	Svakodnevna	Udarac, nagnječenje, prijelom, smrt	-	-	Prometna pravila	3	2	V	Pridržavanje prometnih pravila i propisa
5.	Mehaničke opasnosti (rukovanje)	Rukovanje predmetima	Svakodnevno	Udarac, iščašenje, prijelom, nagnječenje	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, uporaba zaštitnih cipela s kapičom, zaštitna kaciga, rukavice	3	2	V	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zdravstveni nadzor

Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
6.	Mehaničke opasnosti	Ostale mehaničke opasnosti	Povremeno	otvorene rane (ubodi, posjekotine, nagnječenje, natučenje, razderotine), zatvorene rane, prijelomi, višestruke ozljede			2	2	S	Potrebno je istaknuti upute za rad sa ručnim alatima i strojevima	
7.	Opasnosti od padova	Pad radnika i drugih osoba, pad na istoj razini, pad u dubinu	Svakodnevno	Udarac, prijelom, nagnječenje, iščašenja, uganuća	-	-	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba zaštitnih cipela s kapicom	
8.	Opasnosti od padova	Pad s visine	Povremena	Udarac, prijelom, nagnječenje, iščašenja, uganuća, smrt	-	-	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zaštitni pojas, kaciga	
9.	Opasnost od padova	Pad predmeta	Povremena	Udarac, prijelom	-	-	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, kaciga	
10.	Opasnosti od električne struje	Ostale električne opasnosti	Incidentna	Bolovi i kontrakcije u mišićima	-	-	1	3	S	Redovno ispitivati električne instalacije i ne koristiti uređaje i dijelove koji su neispravni	

Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
11.	Požar i eksplozija	Eksplozivne tvari	Incidentna	Opekline, višestruke ozljede			Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Vršiti se redovito ispitivanje i održavanje pripadajućih instalacija.	2	3	V	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva.
12.	Požar i eksplozija	Zapaljive tvari (krute, tekuće, plinovite)	Incidentno	Opekline, višestruke ozljede			Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Prostori u kojima se nalaze eksplozivne tvari nalaze se u zaključanim prostorima. Pristup imaju samo ovlašteni radnici. Vršiti se redovito ispitivanje i održavanje pripadajućih instalacija.	2	3	V	Redoviti prostorije držati čistima, održavati vatrogasne aparate, osposobljavati djelatnike
13.	Termičke opasnosti	Vruće tvari	Povremeno	Opekline			Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva. Propisana je tehnologija rada u pisanom obliku.	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva
14.	Biološke štetnosti	Biološke štetnosti (fekalije)	Povremeno		Kronične bolesti respiratornog sustava i oka. Specifična preosjetljivost (bronhalni hiperreaktori). Jači deformiteti nosnog septuma i grudnog koša.		Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva. Propisana je tehnologija rada u pisanom obliku. Radnici se redovito upućuju na liječničke preglede u ovlaštenu medicinu rada. Provode se ispitivanja parametara radnog okoliša. Mjeri se vrijeme izloženosti radnika.	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva (respirator)
15.	Fizikalne štetnosti	Rad na otvorenom	Svakodnevno	-	Ukočenost	-	Osobna zaštitna sredstva	2	2	S	Osobna zaštitna sredstva

Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
16.	Kemijske štetnosti	Nadražljivci	Povremeno	Nadražuje oči i kožu	-	u dodiru s kožom može izazvati preosjetljivost	Osposobljavanje za rukovanje pesticidima, osposobljavanje za rad na siguran način	2	2	S	Redovito prati ruke i koristiti zaštitne rukavice
17.	Kemijske štetnosti	Senzibilizatori	Povremeno	Nadraženost nosa i usne šupljine	-	-	Osposobljavanje za rad na siguran način Redovito provjetravanje	2	2	S	Pridržavati se sigurnosno tehničkim listovima, pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, maska, zaštitne rukavice, zaštitne naočale
18.	Statodinamički napori	Ostali statički napori	Svakodnevno		Bolesti lokomotornog sustava sa smanjenom funkcijom kralježnice, deformiteti grudnog koša, zdjelice i ekstremiteta uz smanjenu funkciju.	Pojava grčeva u dijelovima tijela.	Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva.	2	2	S	Radnici trebaju redovito izvoditi vježbe istezanja i razgibavanja.
19.	Statodinamički napori	Dizanje i nošenje tereta	Povremeno	-	Oštećenje sustava za kretanje	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, pravilno rukovanje teretom	3	2	V	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, pravilno rukovanje teretom, zdravstveni nadzor



Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
20.	Statodinamički napori	Ostali dinamički napori	Svakodnevno		Bolesti lokomotornog sustava sa smanjenom funkcijom kralježnice, deformiteti grudnog koša, zdjelice i ekstremiteta uz smanjenu funkciju.	Pojava grčeva u dijelovima tijela.	Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva.	2	2	S	Radnici trebaju redovito izvoditi vježbe istezanja i razgibavanja.

\*V = vjerojatnost, P = posljedica, R = rizik

Poslove ovog radnog mjesta ne može obavljati	<input checked="" type="checkbox"/> Malodobnik	<input checked="" type="checkbox"/> Trudnica	<input checked="" type="checkbox"/> Dojilja
--	--	--	---

Tablica 6: Procjena rizika za radno mjesto Viši električar

Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
1.	Mehaničke, (ručni alati)	ručni alat	Svakodnevno	Porezotine, ubodne rane, udarac	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, kontrola alata, uporaba osobnih zaštitnih sredstva (rukavice, naočale, cipele s kpicom)	2	2	S	Redovita kontrola i održavanje alata, uporaba rukavica, naočala, cipela s kpicom, pridržavanje uputa za rad na siguran način
2.	Mehaničke (mehanimizirani alati)	mehanimizirani alat	Svakodnevno	Porezotine, rane, udarac, strano tijelo u oku	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, kontrola i održavanje mehaniziranog alata, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zaštitni vizir, rukavice, cipele s kpicom, štitnici za sluh	2	2	S	Redovita kontrola i održavanje alata, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, pridržavanje uputa za rad na siguran način
3.	Mehaničke opasnosti	Sredstva za horizontalni prijenos, prijevozna vozila: automobili	Svakodnevna	Udarac, nagnječenje, prijelom, smrt	-	-	Prometna pravila	3	2	V	Pridržavanje prometnih pravila i propisa
4.	Mehaničke opasnosti (rukovanje)	Rukovanje predmetima	Svakodnevno	Udarac, iščašenje, prijelom, nagnječenje	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, uporaba zaštitnih cipela s kpicom, zaštitna kaciga, rukavice	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zdravstveni nadzor
5.	Mehaničke opasnosti	Ostale mehaničke opasnosti	Povremeno	otvorene rane (ubodi, posjekotine, nagnječenje, natučenje, razderotine), zatvorene rane, prijelomi, višestruke ozljede			Primijenjene su osnovne i posebne mjere zaštite na radu. Radnici koriste predviđena odgovarajuća osobna zaštitna sredstva.	2	2	S	Potrebno je istaknuti upute za rad sa ručnim alatima i strojevima

Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
6.	Opasnosti od padova	Pad radnika i drugih osoba, pad na istoj razini, pad u dubinu	Svakodnevno	Udarac, prijelom, nagnječenje, iščašenja, uganuća	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, uporaba zaštitnih cipela s kpicom	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način , uporaba osobnih zaštitnih sredstva
7.	Opasnosti od padova	Pad s visine	Povremen	Udarac, prijelom, nagnječenje, iščašenja, uganuća, smrt	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, postavljanje zaštitne ograde, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zaštitni pojas, kaciga	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način , uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zaštitna kaciga, zdravstveni nadzor
8.	Opasnost od padova	Pad predmeta	Povremena	Udarac, prijelom	-	-	Osposobljavanje radnika za rad na siguran način, , uporaba osobnih zaštitnih sredstva, kaciga	2	2	S	Pridržavanje uputa za rad na siguran način, uporaba osobnih zaštitnih sredstva, zaštitna kaciga
9	Opasnosti od električne struje	Otvoreni električni luk Strujni udar	Svakodnevno	Opekline, zastoj i aritmija srca, ozljede živaca, ozljede mišića	-	-	Ispitivanje i održavanje električnih instalacija	2	2	S	Redovno ispitivati električne instalacije i ne koristiti uređaje i dijelove koji su neispravni
10.	Opasnosti od električne struje	Ostale električne opasnosti Strujni udar	Incidentna	Bolovi i kontrakcije u mišićima	-	-	Ispitivanje i održavanje električnih instalacija	1	3	S	Redovno ispitivati električne instalacije i ne koristiti uređaje i dijelove koji su neispravni

Broj	Opasnost, štetnost ili napor	Opasna situacija	Izloženost	Posljedično oštećenje zdravlja			Primijenjene mjere zaštite	V	P	R	Predložene mjere
				Ozljeda	Profesionalna bolest	Bolest u svezi s radom					
11.	Fizikalne štetnosti	Buka, diskontinuirana buka	Povremeno		Umjerena ili teža oštećenja sluha perceptivnog tipa.	Preosjetljivost na buku. Privremeno oštećenje ili gubitak sluha. Bolesti centralnog živčanog sustava, teži oblici psihoneuroze.	Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva. Propisana je tehnologija rada u pisanom obliku. Provode se ispitivanja parametara radnog okoliša. Mjeri se vrijeme izloženosti radnika.	2	1	M	Osobna zaštitna sredstva, ušni čepići za sluh, zdravstveni nadzor
12.	Fizikalne štetnosti	Rad na otvorenom	Svakodnevno	-	Ukočenost	-	Osobna zaštitna sredstva	2	2	S	Osobna zaštitna sredstva
13.	Statodinamički napori	Ostali dinamički napori	Svakodnevno		Bolesti lokomotornog sustava sa smanjenom funkcijom kralježnice, deformiteti grudnog koša, zdjelice i ekstremiteta uz smanjenu funkciju.	Pojava grčeva u dijelovima tijela.	Primjenjuju se posebne i osnovne mjere zaštite. Radnici prilikom rada koriste odgovarajuća osobna zaštitna sredstva.	2	2	S	Radnici trebaju redovito izvoditi vježbe istezanja i razgibavanja.

\*V = vjerojatnost, P = posljedica, R = rizik

Poslove ovog radnog mjesta ne može obavljati	<input checked="" type="checkbox"/> Malodobnik	<input checked="" type="checkbox"/> Trudnica	<input checked="" type="checkbox"/> Dojilja
--	--	--	---

Pregledavajući tablice iz procjene rizika za tri radna mjesta na UPOV-u Ogulin, a to su voditelj laboratorija, viši električar, te strojar na poslovima UPOV-a, može se doći do zaključka koje opasnosti i moguće ozlijede imaju karakteriziran najveći rizik.

Za radno mjesto voditelja laboratorija to su biološke i kemijske štetnosti koje predstavljaju rizike povezane s izlaganjem biološkim i kemijskim štetnostima, a koje mogu izazvati iritacije kože, sluznica i drugih organa, te uzrokovati respiratorne bolesti. Također, tu su i povrede povezane s mehaničkim ozljedama prilikom rukovanja alatima, strojevima i opremom potrebnom za rad, koje mogu uzrokovati ozljede, prijelome, nagnječenja i udarce. Uputama o radu na siguran način te uputama za korištenje zaštitne opreme sprječavaju se takve ozlijede. Osoba na ovom radnom mjestu mora biti educirana o postojanju opasnosti, mora pratiti sigurnosne procedure i protokole te koristiti osobnu zaštitnu opremu prema procjeni rizika, a sve kako bi se ozlijede spriječile ili dovele na najmanju moguću mjeru [11].

Radno mjesto višeg električara podrazumijeva opasnosti od električne struje, odnosno glavnim rizikom se smatra rad s električnim instalacijama, što može dovesti do ozljeda poput bolova, kontrakcija mišića, pa čak i smrti, ukoliko instalacije i uređaji s kojima se radi u procesu nisu kvalitetno i dobro održavani i ispitivani. Budući da osoba po potrebi radi na visini, značajan rizik predstavlja i ovaj vid opasnosti koji može uključivati vrtočlavice, udarce, prijelome i smrt prilikom pada s visine. Osoba na ovom radnom mjestu također mora biti stručna i educirana o vrsti posla i opasnostima koje se pri tom poslu mogu pojaviti. Mora koristiti osobnu zaštitnu opremu kao što su izolacijske rukavice, radnu obuću i odjeću, zaštitnu opremu za rad na visini, osigurati stabilne ljestve i radne platforme i slično. Također, mora voditi brigu o redovnom održavanju i pravilnom korištenju alata kako bi se spriječile ozlijede i kvarovi [11].

Radniku na radnom mjestu strojara na poslovima UPOV-a prijete rizik koji je povezan s mehaničkim opasnostima, padovima s visine, te opasnostima od udara električne struje. Radnik na ovom radnom mjestu mora biti educiran o postojanju opasnosti na radu za svako područje svoga rada. Mehaničke opasnosti kao što su udarci, porezotine, nagnječenja i slično mogu se na vrijeme prevenirati, ukoliko je radnik educiran o poslu i

opasnostima koje se javljaju na radnom mjestu koje obavlja, te ako je pažljiv i stručan u toku svog rada. Također, korištenje zaštitne opreme za rad na visini, te upotrebom ispitanih materijala i uređaja s kojima se radi u toku poslovnog procesa, mogu značajno smanjiti nastanak opasnosti [11].

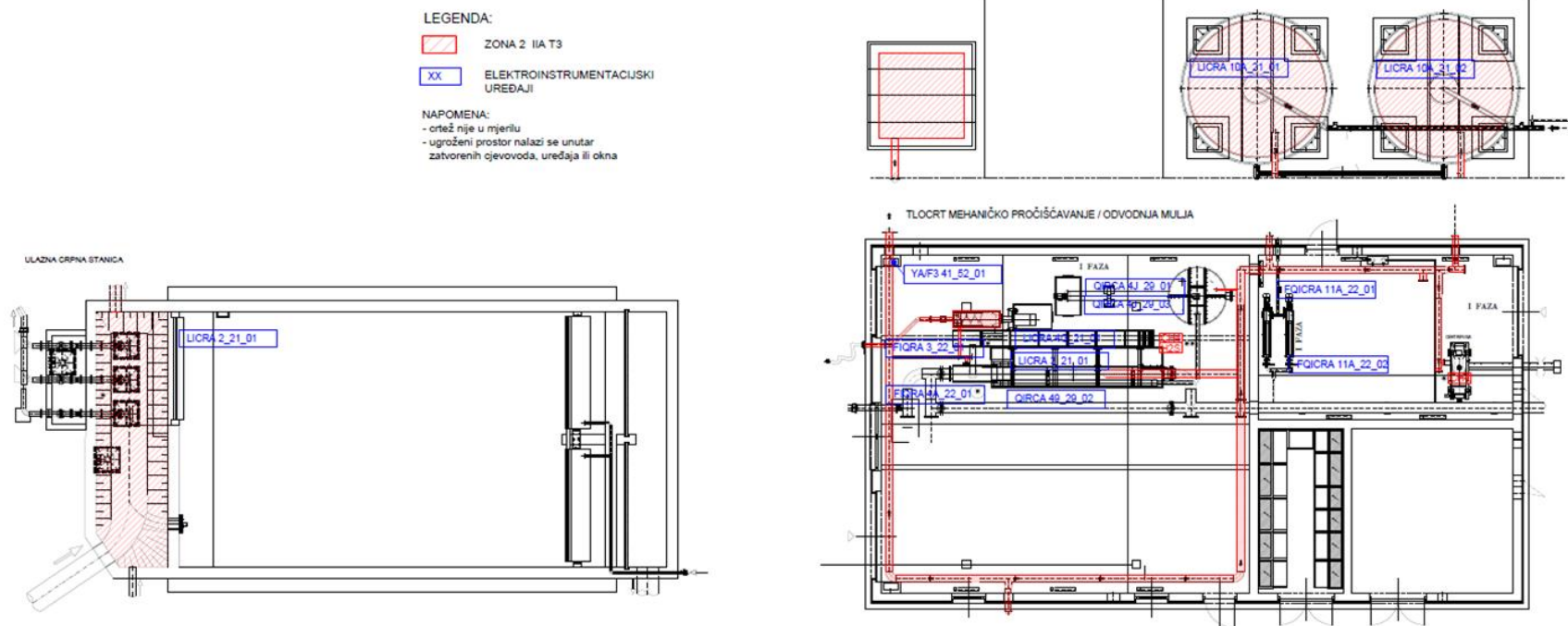
Svako od ovih radnih mjesta ima svoje specifičnosti i rizike koji se javljaju u poslovnom procesu. Primijenjene metode zaštite iz procjene rizika su ključne za smanjenje opisanih rizika i sprječavanje nastanka ozljeda.

## 5.1. Eksplozivna atmosfera na Uređaju za pročišćavanje otpadnih voda

Eksplozivna atmosfera predstavlja ozbiljan rizik na mnogim industrijskim postrojenjima, uključujući i uređaje za pročišćavanje otpadnih voda. U takvim postrojenjima, određeni dijelovi procesa mogu stvoriti uvjete koji pogoduju nastanku eksplozivnih atmosfera. Eksplozivna atmosfera je mješavina zapaljivih plinova, para, maglice ili prašine s zrakom, koja može izgorjeti ili eksplodirati u prisutnosti izvora paljenja. Kada se takva mješavina formira, postoji značajan rizik od eksplozije koja može uzrokovati ozljede, smrt i štetu na imovini [14].

Na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Grada Ogulina, nekoliko dijelova procesa može dovesti do stvaranja eksplozivne atmosfere i to u sklopu ulazne crpne stanice, postrojenja u sklopu objekta mehaničkog pročišćavanja, te ciklona za mulj i biofilter. Ugroženi prostori eksplozivnom atmosferom nalaze se unutar zatvorenih cjevovoda i uređaja. Način instaliranja uređaja je takav da je samo mjerni ili senzorski dio u zoni opasnosti, a drugi dio uređaja se nalazi izvan ugroženih zona [14].

Na Slici 16. prikazan je shematski prikaz prostora s ucrtanim zonama opasnosti koje se nalaze na UPOV-u Ogulin.



Slika 18: Tlocrt prostora s rasporedom elektroinstrumentacijskih uređaja [6]



Senzori za eksplozivnu atmosferu, posebno za metan ( $\text{CH}_4$ ) i sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ), igraju ključnu ulogu u sigurnosti i efikasnosti uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Ovi senzori su nužni za prepoznavanje prisutnosti opasnih koncentracija plinova, koji mogu dovesti do eksplozija ili ozbiljnih zdravstvenih problema za radnike [14].

Metan ( $\text{CH}_4$ ) je zapaljiv plin koji se često stvara u anaerobnim uvjetima koji su prisutni u uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Metan je izuzetno zapaljiv plin, lakši od zraka. Kada se pomiješa s zrakom u određenom omjeru (od DGE 4,2 % do GGE 17,4 %), može stvoriti eksplozivnu atmosferu. Senzor za metan (slika 17a) kontinuirano nadzire koncentraciju metana u zraku unutar postrojenja, te se nalazi na vrhu nadzirane prostorije, budući da je lakši od zraka. Ako koncentracija metana premaši sigurnosnu postavljenu granicu, senzor aktivira alarmni sustav i automatski isključuje električnu opremu, te aktivira sustav prisilnog odsisavanja zraka u biofilter [14].

Sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) je toksičan plin, teži od zraka, s karakterističnim mirisom po pokvarenim jajima, koji se također može naći u uređajima za pročišćavanje otpadnih voda.  $\text{H}_2\text{S}$  se formira tijekom anaerobnog raspada organskih materija koje sadrže sumpor.  $\text{H}_2\text{S}$  je vrlo otrovan plin. Čak i pri niskim koncentracijama može izazvati zdravstvene probleme poput iritacije očiju, nosa i grla. Pri visokim koncentracijama može biti smrtonosan. Također, sumporovodik je zapaljiv i može predstavljati eksplozivnu opasnost. Senzori za  $\text{H}_2\text{S}$  (slika 17b) nadziru koncentraciju sumporovodika u zraku. Kada se otkriju opasne razine  $\text{H}_2\text{S}$ -a, senzori aktiviraju alarmne sustave i omogućuju radnicima da poduzmu mjere opreza, kao što je evakuacija prostora i upotreba osobne zaštitne opreme. S obzirom da je sumporovodik teži od zraka, senzor je montiran pri dnu prostorije. Također kao i senzor za metan, automatski isključuje električnu opremu, te aktivira sustav prisilnog odsisavanja zraka u biofilter [14].

Implementacija senzora za  $\text{CH}_4$  i  $\text{H}_2\text{S}$  u uređajima za pročišćavanje otpadnih voda donosi nekoliko ključnih prednosti [14]:

- Sigurnost radnika - automatski alarmi i sustavi za isključivanje smanjuju rizik od izlaganja opasnim plinovima, čime se štiti zdravlje radnika.

- Prevencija nesreća - rana detekcija opasnih koncentracija plinova može spriječiti eksplozije i požare, smanjujući potencijalne materijalne štete i rizik po ljudske živote.
- Zakonodavna usklađenost - upotreba senzora pomaže postrojenjima da zadovolje stroge zakonske zahtjeve za sigurnost i zaštitu okoliša.
- Efikasnost upravljanja - kontinuirano praćenje omogućuje optimalno upravljanje procesima pročišćavanja, smanjujući nepotrebne zastoje i održavanje.



Slika 19: a) Senzor za CH<sub>4</sub>; b) Senzor za H<sub>2</sub>S (autorske slike)

Kako bi se osigurala sigurnost Ex-uređaja i instalacija na UPOV-u potrebno je provoditi redovite vizualne i kontrolne preglede čime će se osigurati njihova ispravnost i da se mogu koristiti u normalnom pogonu bez kvarova i bez opasnosti za ljude i okoliš. Za takve preglede na UPOV-u imenovana je kvalificirana i odgovorna osoba za provođenje održavanja Ex-uređaja i instalacija [15].

Za Ex-uređaje koji su ugrađeni u postrojenje ugroženom eksplozivnom atmosferom sukladno normi HRN EN 60079-17 predviđeni su periodički pregledi koji mogu biti vizualni, kontrolni i detaljni, a obavljaju se prema listama pregleda. Vizualni pregled podrazumijeva obilazak Ex-uređaja i električnih instalacija, te pregled mogućih nepravilnosti (npr. šumovi, pojačane vibracije, mehanička oštećenja, temperature,

nedostatak vijaka na kućištu,...). Sam pregled obavlja se bez upotrebe alata, mjernih alata ili druge pomoćne opreme. Ukoliko se prilikom takvog pregleda uoče neki nedostaci, odgovorna osoba angažira tvrtku koja je pod tehničkim nadgledanjem Ministarstva unutarnjih poslova – sektora za eksplozivne atmosfere, kako bi se obavilo održavanje i popravci uočenih nedostataka. Kontrolni pregled obuhvaća iste radnje kao i vizualni, ali dodatno se upotrebom odgovarajućeg alata i opreme pokušavaju ustanoviti nedostaci. Kao i kod vizualnog, u slučaju uočavanja nedostatka potrebno je angažiranje ovlaštene tvrtke za popravak i održavanje uređaja u eksplozivnoj atmosferi. Detaljni pregled i mjerenja na električnim instalacijama obavljaju tvrtke pod tehničkim nadgledanjem Ministarstva unutarnjih poslova – sektora za eksplozivne atmosfere, a koristi se odgovarajući alat te mjerna i ispitna oprema. Kod svih navedenih pregleda, nakon izvršenja preglede je potrebno evidentirati u dnevnik rada [15].

Dodatno, normom HRN EN 60079-17 propisano je koje sve provjere treba obaviti te se koristi tabela pregleda ovisno o vrsti eksplozijske zaštite. Prilikom pregleda potrebno je držati se uputa, a sami pregledi se obavljaju po definiranoj periodici pregleda i to šestomjesečno za vizualni pregled, jednom godišnje za kontrolni pregled te prema potrebi, odnosno rezultatima vizualnog i kontrolnog pregleda za detaljni pregled [14, 15].

Detaljni pregled i popravci evidentiraju se u karton uređaja kako bi se imao uvid u povijest održavanja samog uređaja. karton sadrži podatke o nazivu i tipu uređaja, naziv proizvođača, tvornički broj, oznaku certifikata i protueksplozijske zaštite, poziciju uređaja u postrojenju te osnovne tehničke podatke [14, 15].

Pravilnikom o najmanjih zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacija i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom (NN 39/06) propisano je da se mora voditi tzv. Ex-registrator koji sadržava sve zapise koje su bitne za eksplozivnu atmosferu [14, 15].

## 6. ZAKLJUČAK

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Ogulinu predstavlja ključan infrastrukturni projekt za grad Ogulin i okolna naselja, omogućujući održivo gospodarenje vodnim resursima i adekvatno pročišćavanje otpadne vode prije ispusta u podzemlje.

Izgradnjom ovog uređaja značajno se smanjuje negativan utjecaj otpadnih voda na okoliš, poboljšava se kvaliteta vode u rijekama i jezerima, te se osigurava zaštita prirodnih staništa. Također, pročišćavanje otpadnih voda doprinosi unapređenju zdravlja i kvalitete života stanovništva, smanjujući rizik od onečišćenja pitke vode i širenja bolesti.

Ovaj uređaj je dizajniran prema suvremenim tehnološkim standardima, omogućujući efikasno uklanjanje zagađivača i održavanje ekološke ravnoteže. Njegovo funkcioniranje je usklađeno s nacionalnim i europskim regulativama o zaštiti okoliša, čime se osigurava dugoročna održivost i usklađenost s propisima.

Zaštita na radu na UPOV-u Ogulin ključna je za očuvanje zdravlja i sprječavanja nezgoda za radnike koji tamo rade, kao i svih ostalih posjetitelja. Procjenom rizika za pojedina radna mjesta prepoznati su mogući nastanci opasnosti i ozljeda, čime su preventivno kroz upute za rad na siguran način i edukacijom zaposlenika ozljede smanjene na najmanju moguću mjeru. Također, pravilnom upotrebnom osobnih zaštitnih sredstava osigurava se i ispravno funkcioniranje cjelokupnog postrojenja. Kontinuiranom edukacijom stvara se sigurno radno okruženje koje u budućnosti donosi kvalitetan i siguran radni vijek, te učinkovitost samog uređaja.

Zaštita na radu i provođenje zakonskih propisa na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Grada Ogulina nije samo zakonska obaveza, već predstavlja i odgovornost pojedinaca i ovlaštenih osoba da stvore sigurno radno okruženje za ostale radnike u sustavu i cjelokupnoj zajednici.

## 7. LITERATURA

- [1] Jurac Z.: *Otpadne vode*, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009.
- [2] Ptiček Siročić A., Fujs N., Glumac N.: „*Ispitivanje fizikalno-kemijskih pokazatelja kvaliteta voda*“, *Kem. Ind.* **65** (2016.), 9-10, 509–514
- [3] Studija izvedivosti: Pобољšanje vodno-komunalne infrastrukture aglomeracije Ogulin, Hidroinženiring d.o.o., Zagreb, 2018.
- [4] Vuković Domanovac M.: „*Proces s aktivnim muljem*“, *Kem. Ind.* **70** (2021.), 3-4, 192-193
- [5] Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Grada Ogulina, građevinsko-tehnološko-strojarski projekt izvedenog stanja, Hidroelektra niskogradnja d.d., Zagreb, 2012.
- [6] Interna dokumentacija tvrtke Vodovod i kanalizacija d.o.o. Ogulin
- [7] SCADA, Zagrel Rittmeyer, dostupno na: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.zagrel-rittmeyer.com/EasyEdit/UserFiles/webscada-2020.pdf, pristupljeno: 01.08.2024.
- [8] SCADA sustav tvrtke Vodovod i kanalizacija d.o.o. Ogulin
- [9] Zaštita na radu, dostupno na: <https://www.watercolormanagement.com/safety-tips-for-water-treatment-employees/>, pristupljeno: 02.08.2024.
- [10] Priručnik za rad u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda, Hrvatske vode, Zagreb
- [11] Procjena rizika Vodovod i kanalizacija d.o.o. Ogulin
- [12] Pravilnik o izradi procjene rizika (NN 112/14, NN 129/19)
- [13] Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18)
- [14] Marinović N.: *Oprema i instalacije za eksplozivnu atmosferu*, sv. 1-3 Vlastita naklada, Zagreb, 2010. 1-2
- [15] Ex-priručnik održavanja UPOV Ogulin, ENA d.o.o.

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1: UPOV Ogulin.....	2
Slika 2: Ulazna crpna stanica i bazen oborinskih voda .....	4
Slika 3: Mehaničko pročišćavanje i fekalna stanica.....	4
Slika 4: Fekalna stanica .....	6
Slika 5: a) Ulazni egalizacijski međuspremnik (MAB); b) Miješalica .....	7
Slika 6: SBR reaktor .....	8
Slika 7: a) Rotorno puhalo; b) Pločasti difuzor .....	9
Slika 8: Izlazni egalizacijski međuspremnik .....	11
Slika 9: a) Ultrafiltracijski sustav; b) Membrane .....	12
Slika 10: Bazena za dezinfekciju.....	13
Slika 11: Vrtača .....	14
Slika 12: Cikloni za mulj .....	15
Slika 13: a) Centrifuga za mulj; b) Dehidrirani mulj na platou.....	15
Slika 14: a) Spremište kemikalija; b) Dozirne pumpe za kemikalije .....	16
Slika 15: Spremnik s $\text{FeCl}_3$ i tankvana .....	17
Slika 16: SCADA sustav .....	18
Slika 17: Praćenje parametara pomoću SCADA sustava .....	19
Slika 18: Tlocrt prostora s rasporedom elektroinstrumentacijskih uređaja .....	39
Slika 19: a) Senzor za $\text{CH}_4$ ; b) Senzor za $\text{H}_2\text{S}$ .....	41

## 9. POPIS TABLICA

Tablica 1: Vjerojatnost .....	22
Tablica 2: Posljedice (veličina posljedica - štetnosti) .....	22
Tablica 3: Matrica procjene rizika .....	23
Tablica 4: Procjena rizika za radno mjesto Voditelj laboratorija .....	25
Tablica 5: Procjena rizika za radno mjesto Strojar na poslovima UPOV-a .....	28
Tablica 6: Procjena rizika za radno mjesto Viši električar .....	33