

# OBRADA OTPADNIH VODA GRADA ZAGREBA

---

**Bukal, Silvio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:128:047300>

*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

Silvio Bukal

# **OBRADA OTPADNIH VODA GRADA ZAGREBA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

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

Silvio Bukal

# **OBRADA OTPADNIH VODA GRADA ZAGREBA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr.sc. Ines Cindrić

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied sciences

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Silvio Bukal

# **WASTEWATER TREATMENT OF THE CITY OF ZAGREB**

FINAL PAPER

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu

Stručni studij: Sigurnosti i zaštita

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2022.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Silvio Bukal

Matični broj: 0416617001

Naslov: **OBRADA OTPADNIH VODA GRADA ZAGREBA**

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada je dati teorijski pregled upravljanja otpadnim vodama u Republici Hrvatskoj, a zatim opisati primjer zbrinjavanja otpadnih voda u gradu Zagrebu. Glavni fokus završnog rada stavljen je na pročišćavanje otpadnih voda u Centralnom uređaju za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda grada Zagreba.

## **SAŽETAK:**

Voda je neophodan i nezamjenjiv resurs za život na Zemlji. Međutim, bez obzira što se radi o neophodnom i nezamjenjivom resursu za život, voda je često određena u koju se ispuštaju različita onečišćenja. Zbog toga je različitim zakonima i propisima regulirano onečišćenje voda kao i njihovo pročišćavanje. U Hrvatskoj je Zakonom o vodama, između ostalog, uređeno gospodarenje vodnim resursima, a kako bi se osigurala dovoljna količina zdravstveno ispravne vode za ljudsku potrošnju te za gospodarske i osobne potrebe. Procesom pročišćavanja otpadnih voda uklanjaju se onečišćenja iz otpadne vode. U gradu Zagrebu se tako otpadne vode pročišćavaju na Centralnom postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda. Kako je tema ovog rada obrada otpadnih voda grada Zagreba, u radu će biti predstavljen Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu i njegov rad.

Ključne riječi: obrada, otpadne vode, pročišćavanje, Zagreb

## **ABSTRACT:**

Water is a necessary and irreplaceable resource for life on Earth. However, regardless of the fact that it is a necessary and irreplaceable resource for life, water is often a destination where various pollutants are discharged. Therefore, various laws and regulations regulate water pollution as well as their purification. In Croatia, the Water Act, among other things, regulates the management of water resources, in order to ensure a sufficient amount of healthy water for human consumption and for economic and personal needs. The wastewater treatment process removes contaminants from wastewater. In the city of Zagreb, wastewater is treated at the Central Wastewater Treatment Plant. As the topic of this paper is wastewater treatment of the city of Zagreb, the paper will present the Central Wastewater Treatment Plant in Zagreb and its work.

Key words: purification, treatment, wastewater, Zagreb

## SADRŽAJ:

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	IV
SAŽETAK:	V
ABSTRACT	VI
SADRŽAJ:	VII
1. UVOD	8
2. UPRAVLJANJE VODAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ	2
2.1. Stanje voda u Republici Hrvatskoj	3
2.2. Vodnogospodarsko djelovanje u Republici Hrvatskoj	4
2.3. Upravljanje otpadnim vodama	6
3. UPRAVLJANJE OTPADNIM VODAMA U GRADU ZAGREBU	7
3.1. Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu	7
3.2. Odvodnja otpadnih voda u gradu Zagrebu	7
3.3. Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu	9
3.3.1. Objekti na Centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb	11
3.3.1.1. Ulazna crpna stanica	11
3.3.1.2. Zgrada s rešetkama	14
3.3.1.3. Pjeskolov-mastolov	16
3.3.1.4. Prethodni taložnici	18
3.3.1.5. Biološki reaktori	19
3.3.1.6. Naknadni taložnici	21
3.3.1.7. Obrada mulja	22
3.3.1.8. Izlazna crpna stanica	27
4. ZAKLJUČAK	29
LITERATURA	30
POPIS TABLICA	32
POPIS SLIKA	33



## 1. UVOD

Voda je jedinstven i nezamjenjiv prirodni resurs, količinski ograničen i neravnomjerno raspoređen u vremenu i prostoru. Prekriva više od 70% Zemljine površine i potreban je svim živim organizmima na Zemlji. Međutim, unatoč svom značaju i ulozi u životu na Zemlji, voda je često krajnje odredište mnogih onečišćivača koji se ispuštaju u okoliš. Brojni propisi, zakoni, sporazumi i dr. osmišljeni su kako bi spriječili onečišćenje voda i regulirali pročišćavanje stvorenih otpadnih voda na odgovarajući način.

Pod otpadnim vodama se podrazumijevaju tekućine koje se sastoje od tekućeg otpada otopljenog ili emulgiranog u vodi ili disperzije krutog otpada u vodi [1]. Porijeklo otpadnih voda su kućanstva, industrijska postrojenja ili poljoprivredne djelatnosti. Onečišćenjem površinskih voda ne onečišćuje se samo vodni sustav, već cijeli ekosustav.

## 2. UPRAVLJANJE VODAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Hrvatska je jedna od zemalja s relativno bogatim vodnim resursima. Po dostupnosti vode po stanovniku Hrvatska je na 4. mjestu u Europi i na 5. mjestu u svijetu, što pokazuje da Hrvatska ima bogate vodne resurse. Podzemne vode važan su vodni resurs u Hrvatskoj, s oko 90% vode koja se koristi za vodoopskrbu dolazi od podzemnih voda [2]. Hrvatska pripada skupini zemalja u kojima problem vode nije ograničavajući čimbenik razvoja. Ukupna duljina svih prirodnih i umjetnih plovni putova u Hrvatskoj iznosi 21.000 km [3]. U cilju održavanja i zaštite postojećeg stanja voda, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja i Hrvatske vode, koji su nadležni za poslove vođenja brige oko voda, provode različite mjere i aktivnosti, a prema sljedećim načelima: racionalno upravljanje prirodnim resursima, očuvanje ekoloških sustava na kojima počiva ukupna kakvoća života sadašnjih i budućih generacija uz očuvanje biološke raznolikosti, otklanjanje nejednakosti koje ugrožavaju socijalnu koheziju, pravdu i sigurnost, ostvarenje predviđenog gospodarskog rasta, osiguranje integracije u globalno društvo, uz zadržavanje vlastita identiteta [4].

Za postizanje utvrđenih razvojnih načela potrebno je aktivno sudjelovanje vodnog sektora i poštivanje sljedećih polazišta:

1. voda je temeljni prirodni resurs,
2. voda je osnovna životna supstancija i pretpostavka za održavanje svih ekosustava,
3. pitka voda je živežna namirnica i civilizacijska potreba nužna za život pojedinaca i funkcioniranje društvenih zajednica,
4. voda je sirovina i čimbenik proizvodnje u mnogim gospodarskim djelatnostima,
5. voda je predmet pojačane brige svih relevantnih europskih i svjetskih institucija, a pravilan odnos prema vodi i vodnom okolišu preduvjet je za uključivanje u željene međunarodne integracije [4].

## 2.1. Stanje voda u Republici Hrvatskoj

U Hrvatskoj je prostorni raspored površinskih voda, odnosno rijeka, jezera, prijelaznih i obalnih voda, kao i podzemnih voda i njihovih veza, određen morfološkim i hidro geološkim karakteristikama područja. Sve površinske i podzemne vode i njihovi spojevi pripadaju Crnomorskom ili Jadranskom bazenu. Hrvatske rijeke, velike slivne površine, dakle veće od 10.000 km<sup>2</sup>, Sava Drava, Dunav, Kupa i Mura pripadaju crnomorskom slivu. Nešto manje rijeke, slivne površine od 1.000 do 10.000 km<sup>2</sup>, a koje također pripadaju crnomorskom slivu, su Dobra, Korana i Glina, Krapina, Ilova-Pakra, Česma, Orjava, Bosut i Una, Karašica-Vučica, te Baranjska Karašica i Vuka. Neretva je rijeka sa vrlo velikim slivom i ona pripada jadranskom slivu, kao i rijeke velikih slivova Lika, Zrmanja, Krka i Cetina [4]. Veći vodotoci i slivovi na području Hrvatske prikazani su na slici 1.



**Slika 1.** Veći vodotoci i slivovi na području Hrvatske [4]

Hrvatska prirodna jezera su malobrojna, ali dobro očuvana, od kojih su najpoznatija Plitvička jezera koja se sastoje od 16 jezera. Močvare, kao i rijeke i

jezera, važna su područja koja se nalaze u poplavnim područjima sliva Drave, Dunava, Save i Neretve. Najpoznatija močvarna područja u Hrvatskoj su Kopački rit u slivu Drave i Dunava, Lonjsko polje i bare Crna Mlaka u slivu Save te donja Neretva u jadranskom bazenu [4].

## **2.2. Vodnogospodarsko djelovanje u Republici Hrvatskoj**

Sadržaj i pristup vodnom gospodarstvu mijenjao se tijekom vremena pod utjecajem političkog okruženja i glavnih društveno-ekonomskih pitanja određenog razdoblja. Razvojem industrije, turizma i urbanizacije sve su važnije i važnije javne vodne usluge, odnosno javna vodoopskrba i odvodnja, kao i zaštita kakvoće voda. Danas sektor voda uključuje vodno gospodarstvo, vodna komunalna poduzeća i druge gospodarske subjekte koji u svojoj djelatnosti koriste vodu i vodne resurse [4]. U Republici Hrvatskoj Zakonom o vodama uređuje se pravni status voda, vodnih dobara i vodnog ustrojstva, upravljanje kakvoćom i količinom voda, sprječavanje štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, posebne djelatnosti upravljanja vodama, institucionalna struktura tih djelatnosti, te druga pitanja vode i vode. Zakon također uređuje vodno gospodarstvo koje uključuje sve aktivnosti, mjere i radnje koje provode Republika Hrvatska, Hrvatske vode, jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave u skladu sa Zakonom o vodama i Zakonom o financiranju vodnog gospodarstva radi ostvarivanja gospodarenja vodnim resursima. Ciljevi upravljanja vodama su:

- „osiguranje dovoljnih količina zdravstveno ispravne vode za ljudsku potrošnju radi zaštite zdravlja ljudi,
- osiguranje potrebnih količina vode odgovarajuće kakvoće za različite gospodarske i osobne potrebe,
- zaštita ljudi i njihove imovine od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda i
- postizanje i očuvanje dobrog stanja voda radi zaštite života i zdravlja ljudi, zaštite njihove imovine, zaštite vodnih i o vodi ovisnih ekosustava“[5].

Na slici 2. shematski je dan prikaz koji su uključeni u poslove upravljanja vodama u Republici Hrvatskoj te koji su za isto ovlašteni i odgovorni.



**Slika 2.** Shematski prikaz upravljanja vodama u državnom ustroju RH [4]

Prema Zakonu o financiranju vodnog gospodarstva, vodnogospodarska djelatnost financira se iz izvornih sredstava u Hrvatskim vodama i financijskih sredstava na državnoj i lokalnoj razini, a izvor prihoda za vodno gospodarstvo koje plaćaju korisnici vodnog sustava su: vodni doprinos, naknada za korištenje voda, naknada za zaštitu voda, naknada za vađenje pijeska i šljunka, naknada za uređenje voda, naknada za melioracijsku odvodnju i naknada za melioracijsko navodnjavanje [4].

### **2.3. Upravljanje otpadnim vodama**

Pročišćavanje otpadnih voda je proces uklanjanja onečišćenja iz otpadne vode. Razlika između čiste i onečišćene vode ovisi o vrsti i koncentraciji onečišćenja sadržanih u vodi, te o njezinoj upotrebi. Voda se smatra onečišćenom ako sadrži dovoljno onečišćenja da je čini neprikladnom za određenu namjenu. Onečišćenje voda iz prirode predstavlja smanjenje kakvoće voda uslijed naknadno primljenih primjesa. Izvori onečišćenja u vodenom okolišu se dijele prema načinu dospijevanja u okoliš na prirodne i antropogene, a prema načinu ispuštanja u vodu onečišćenje može biti točkasto ili difuzno. Dok na kvalitetu vode utječu prirodni uvjeti, onečišćenje obično uključuje ljudsku aktivnost kao izvor onečišćenja. Stoga je onečišćenje voda uglavnom uzrokovano ispuštanjem onečišćene otpadne vode u površinske ili podzemne vode [6].

Velik dio vode koju koriste kućanstva i industrijska postrojenja, nakon uporabe mora se pročistiti prije nego što se ispuste u okoliš. Iako priroda ima mehanizme za autopurifikaciju kojima uspješno savladava različita biorazgradljiva onečišćenja, velika količina biorazgradljivih onečišćivača kao i bionerazgradljivi onečišćivači predstavljaju preveliki pritisak na te mehanizme. Stoga presudnu ulogu na stanje okoliša počiva na adekvatnom upravljanju a zatim pročišćavanju generiranih otpadnih voda bez obzira na njihov izvor. Napredak u zaštiti okoliša je stoga moguć samo onda kada se kontinuirano identificira i utvrđuje razina značajnih pritisaka na vodotoke i dovoljno brzo povezuje sa nacionalnim zakonima.

### **3. UPRAVLJANJE OTPADNIM VODAMA U GRADU ZAGREBU**

Glavni grad Republike Hrvatske je Zagreb, koji je prema popisu stanovništva iz 2021. godine imao 769.944 stanovnika [7]. Zagreb je i glavno administrativno, kulturno i gospodarsko središte Hrvatske. Grad se nalazi na obroncima Medvednice, na 122 metra nadmorske visine, uz rijeku Savu. Položaj grada je na raskrižju središnje i jugoistočne Europe.

#### **3.1. Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu**

Grad Zagreb već 1933. godine bilježio je povremena ispitivanja kakvoće vode rijeke Save na području grada Zagreba, dok se u njeno redovno praćenje krenulo tek od 1970. godine. Kakvoća vode rijeke Save u zagrebačkoj regiji bila je dobra sve do druge polovice prošlog stoljeća, a počela se pogoršavati u drugoj polovici prošlog stoljeća, osobito nizvodno od ušća glavnog gradskog odvodnog kanala u Zagrebu. Navedeno je rezultat i posljedica gospodarskog razvoja Zagreba i cijele zemlje, te ispuštanje prethodno nepročišćenih javnih i industrijskih voda u rijeku Savu. Kako bi se održala kvaliteta vode, te ostvarili osnovni uvjeti održivog razvoja, poduzete su zakonske mjere zaštite i poboljšanja kvalitete vode u obliku izgradnja gradskog uređaja za pročišćavanje komunalne otpadne voda [8].

#### **3.2. Odvodnja otpadnih voda u gradu Zagrebu**

Izgradnja kanalizacijske mreže u gradu Zagrebu započela je 1892 izvedbom odvodnog kanala s ušćem u rijeku Savu [8]. Širenjem grada dolazi do širenja i kanalske mreže i na desnu obalu Save, a koja se zatim na području grada razvila u tri neovisna kanalizacijska sustava. Sve do 20 tak godina unatrag kanalizacijski sustav grada Zagreba bio je otvoren kanal fekalija kroz naselja Kozari bok i Kozari putevi koji je Žitnjakom direktno vodio otpadne vode do rijeke Save. Gradska skupština Zagreba donijela je 2002. godine Odluku o odvodnji otpadnih voda kojom je propisan način ispuštanja otpadnih voda, obveza priključenja na sustav

javne odvodnje otpadnih voda, ali i uvjeti i načini ispuštanja otpadnih voda na područjima bez javnog odvodnog sustava, posebno zbrinjavanje i obveza uklanjanja štetnih voda, tvari i drugih tvari, te je utvrđeno održavanje javne kanalizacije, utvrđene su granice opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama i tvarima koje se ispuštaju u gradske sabirne jame na području Zagreba [5]. Odluka uključuje ispuštanje otpadnih voda iz kućanstava u javnu kanalizaciju, odnosno kanalizaciju, kao i ispuštanje voda iz industrije, obrtništva i poljoprivrede u javnu kanalizaciju. Zbog nepropusnosti tla, otpadne vode smatraju se i oborinskim vodama koje otječu s raznih površina, a zatim slijede drenaža i druga ispuštanja u sustav javne odvodnje. To također uključuje sabirne jame i lokalne sustave odvodnje gdje nije izgrađen javni kanalizacijski sustav.

Otpadne vode se pročišćavaju na Centralnom postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba (CUPOVZ) i na kraju procesa pročišćavanja ispuštaju u rijeku Savu. Na područjima gdje ne postoji javna kanalizacija, odnosno na područjima u kojima još nije izgrađena, otpadne vode se ispuštaju u jame, odnosno način odvodnje određen je Odlukom o ispuštanju otpadnih voda. Kao što je već spomenuto, na području grada Zagreba, odnosno njegovih prigradskih naselja i dalje postoje dijelovi bez javne kanalizacije. Na tim prostorima otpadne vode se također ispuštaju u sabirne jame ili je isto uređeno na način da se lokalnim sustavom odvodnje one ispuštaju u najbliži prirodni ili umjetni potok. Odlukom je propisano da grad Zagreb zabranjuje izgradnju i korištenje septičkih jama. Vrijednost opasnih tvari i drugih tvari u otpadnoj vodi, te vodi koja se ispušta u sabirnu jamu utvrđeni su na temelju graničnih propisanih pokazatelja, opasnih tvari i drugih tvari u otpadnoj vodi koji se ne smiju prekoračiti. Uvjeti koje sabirna jama mora ispunjavati su: mora biti vodonepropusna, mora biti izgrađena bez žljebova i preljeva, te mora biti izgrađena tamo gdje je omogućen pristup vozilima koja ju prazne. Pražnjenje sabirnih jama mogu obavljati samo tvrtke registrirane za obavljanje djelatnosti ispuštanja otpadnih voda. Nakon pražnjenja jame, poduzeće koje prazni jamu mora posebnim vozilima prevesti sadržaj jame do centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Samo se kućna kanalizacija može ispuštati u lokalni sustav odvodnje i tretirati kao kanalizacija. Otpadne vode iz lokalnog



sustava odvodnje moraju se pročititi prije nego što se mogu ispustiti u prijemnik. Pročišćavanje se provodi na lokalnoj jedinici za pročišćavanje. Dekontaminaciju treba izvršiti do propisane kakvoće za kategoriju prijemnika u koji se ispuštaju. Korisnik i/ili vlasnik sustava lokalne odvodnje dužan je održavati ga i provjeravati njegovu ispravnost, a predviđene su i kazne u slučaju postupanja fizičkih ili pravnih osoba na način da krše odredbe Odluke o ispuštanju otpadnih voda [9].

Danas, javna kanalizacija grada Zagreba uključuje instalacije za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda, zgrade i opremu od unutarnjih kontrolnih okana do ispusta do rijeke Save. Otpadne vode se ispuštaju kroz mješovitu i odvojenu javnu kanalizaciju. U mješovitoj javnoj kanalizaciji sve otpadne vode se ispuštaju istim kanalom, što nije slučaj u zasebnoj javnoj kanalizaciji. U javnom kanalizacijskom sustavu oborinske vode se ispuštaju kroz namjenske kanale, a ostale otpadne vode kroz namjenske kanale [5]. Prije ispuštanja u rijeku Savu pročišćavaju se u centralnom postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda. No, još uvijek postoje područja grada koja nisu priključena na javnu kanalizaciju, gdje se otpadna voda ispušta u sabirne jame ili na način određen Odlukom o ispuštanju otpadnih voda kroz sustave lokalne odvodnje [9].

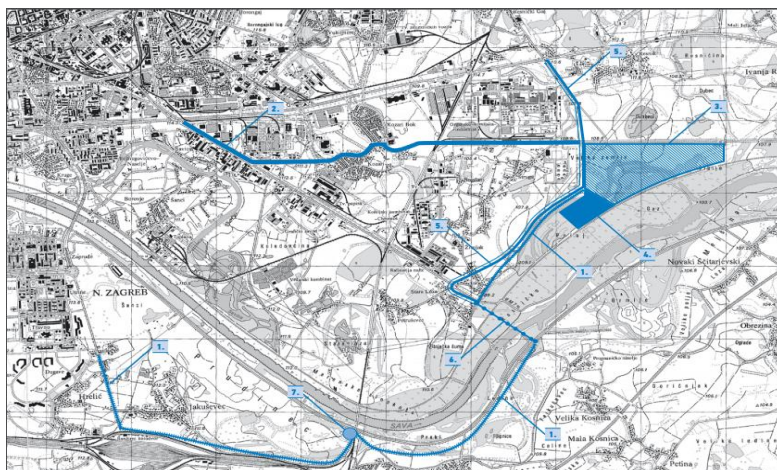
### **3.3. Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu**

Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba smješten je na jugoistočnom dijelu grada Zagreba na lijevoj obali rijeke Save, u Gradskoj četvrti Peščenica – Žitnjak, na površini od oko 100 ha (Slika 4). Tehnološki

Gradnja uređaja započela je 2000. godine. U prvoj fazi gradnje, 2004. godine pušteno je u rad postrojenje za mehaničko pročišćavanje otpadnih voda. dok je postrojenje za biološki pročišćavanje otpadnih voda pušteno je u rad tek 2007. godine [8].

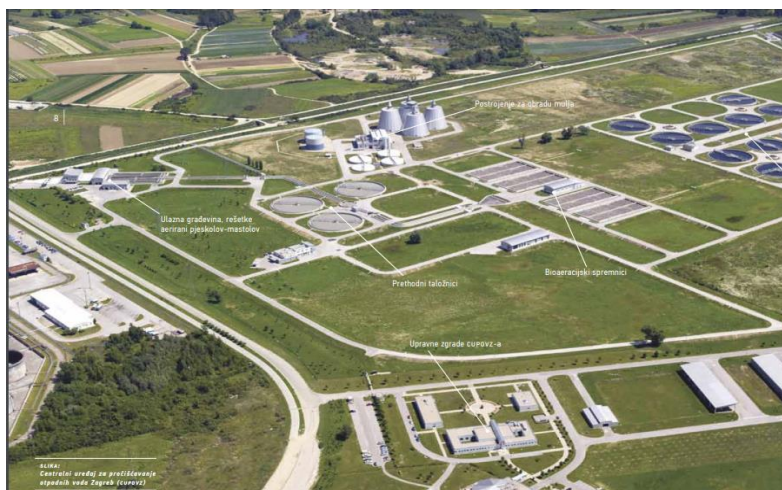
Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu (CUPOVZ) (slika 5) čine sljedeći objekti:

1. Ulazna crpna stanica,
2. Zgrada s rešetkama,
3. Pjeskolov-mastolov,
4. upravno-pogonska zgrada [8].



**Slika 3.** Pregled smještaja objekata centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Zagreba [8]

Veličina uređaja određena je kapacitetom od 1,5 milijuna ekvivalenata stanovništva (ES), s potencijalom proširenja za dodatnih 300.000 ES u budućnosti. Osim toga, predviđena je i druga faza dekontaminacije, koja također omogućuje nadogradnju treće faze dekontaminacije po potrebi.



**Slika 4.** Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba [8]

### 3.3.1. Objekti na Centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb

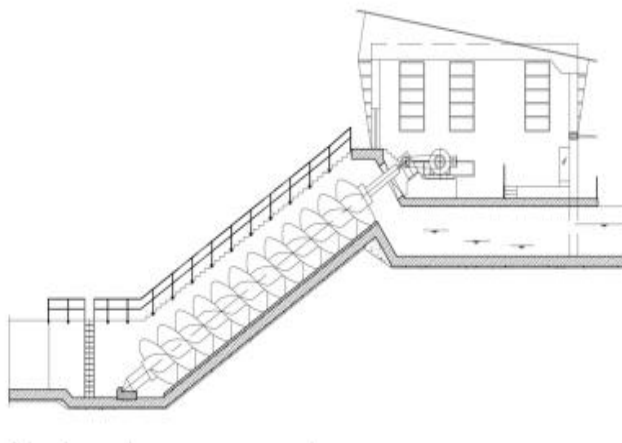
#### 3.3.1.1. Ulazna crpna stanica

Otpadne vode u postrojenju za pročišćavanje podižu se do dovodnog kanala kroz ulaznu crpnu stanicu. Maksimalni volumen je 20.340 m<sup>3</sup>/h [10].



**Slika 5.** Spremnici kroz koje prolazi sva otpadna voda grada Zagreba

Presjek crpne stanice prikazan je na slici 7.



**Slika 6.** Presjek kroz crpnu stanicu [10]

Otpadne vode iz Novog Zagreba, maksimalnog kapaciteta od 5.400 m<sup>3</sup>/h, gravitacijom dotječu izravno u ulaznu crpnu stanicu. Za prijenos nepročišćene otpadne vode upotrebljava se tehnologija pužnih pumpi zbog postizanja visoke učinkovitosti i maksimaliziranja radne sigurnosti. Za zaštitu pužne pumpe, crpna stanica je opremljena s rešetkom čija je funkcija sprječavanje prolaza krupnog šljunka, a koja se može i ručno čistiti. Pogoni i kontrole smješteni su u vodootpornom kućištu. Crpka se kontrolira kontinuiranim mjerenjem razine u crpnu jedinicu [10]. U tablici 1. su prikazani ulazni podaci za crpnu stanicu, a ulazni podaci za zgradu s rešetkama su prikazani u tablici 2.

**Tablica 1.** Ulazni podaci za crpnu stanicu [11]

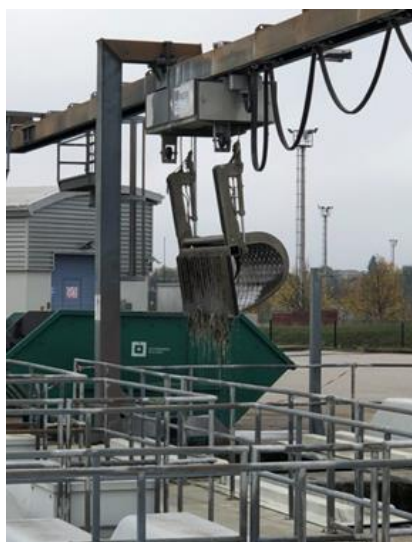
<b>POKAZATELJ</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Vrijednost</b>
<b>Sušni dotok</b>	m <sup>3</sup> /h	16.500
<b>Kišni dotok</b>	m <sup>3</sup> /h	30.510
<b>Broj crpki</b>	kom	3 + 1
<b>Kapacitet crpke</b>	m <sup>3</sup> /h	10.170
<b>Promjer crpke</b>	mm	3.000

<b>Kut nagiba</b>	-°	34
<b>Geodetska visina dizanja</b>	m	cca 6,3

Grube rešetke koje iz otpadnih voda odvajaju plastiku papir i ostali otpad su prikazane na slikama 5. i 6.



**Slika 5.** Grube rešetke za odvajanje papira iz otpadnih voda



**Slika 6.** Grube rešetke za odvajanje plastike iz otpadnih voda

### 3.3.1.2. Zgrada s rešetkama

Iz otpadnih voda se na rešetkama uklanjaju krupne nečistoće kako bi se ujedno zaštitio uređaj od nepotrebnog trošenja i eventualnih kvarova. Krupne nečistoće koje se na taj način skupe na rešetkama se spiralnim transporterima uklanjaju, odbacuju i dalje prenose kako bi se zbrinuli u skladu s propisima. Rešetke se nalaze u objektu, zgradi, koja se prozračuje od smrada, ali i grije kako bi se onemogućilo smrzavanje [10]. Slike 10. prikazuje fine rešetke.



**Slika 7.** Fine rešetke

Slika 8. prikazuje kontejnere u kojima se skupljaju svi ostaci iz kanalizacijskih voda koji se kasnije prerađuju.



**Slika 8.** Kontejneri s ostacima iz kanalizacijskih voda koji se kasnije prerađuju

U tablici 2. su prikazani ulazni podaci za zgradu sa rešetkama.

**Tablica 2.** Ulazni podaci za zgradu sa rešetkama [11]

POKAZATELJ	Mjerna jedinica	Vrijednost
Broj rešetki	kom	3 + 1
Maksimalni kišni protok po rešetki	%	33
Razmak štapova	mm	10
Širina rešetke	m	2,8
Kut nagiba	-°	75
Broj transportera materijala s rešetki	kom	3

### 3.3.1.3. Pjeskolov-mastolov

Sa rešetaka se otpadne vode usmjeravaju u dvije aerirane dvostruke komore pjeskolova. Pijesak koji se nalazi u otpadnoj vodi se odvodi na dnu pjeskolova u kanal i uklanja se iz svakog pojedinog pjeskolova. Pijesak se ocjeđuje i odlaže u kontejnere kako bi se zbrinuo sukladno propisima [12].

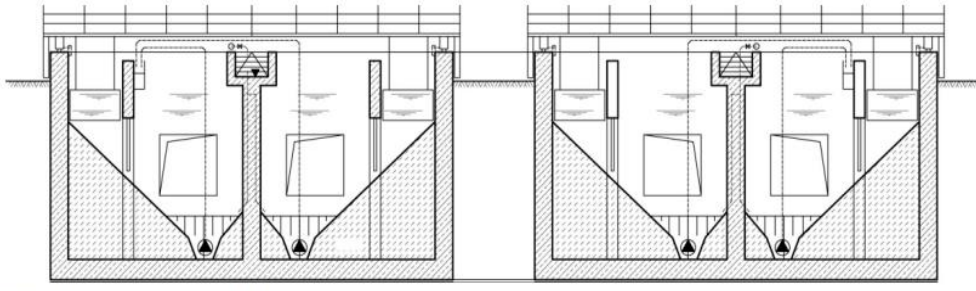
U tablici 3. su prikazane karakteristike pjeskolov-mastolova.

Tablica 3. Pjeskolov-mastolov [8]

POKAZATELJ	Mjerna jedinica	Vrijednost
Broj jedinica	kom	2
Broj pjeskolova	kom	4
Vrijeme zadržavanja kod sušnog dotoka	min	13,0
Vrijeme zadržavanja kod kišnog dotoka	min	7,6
Širina komore pjeskolova	m	4,0
Dubina pjeskolova $Q_s/Q_k$	m´	5,11/5,47
Površina poprečnog presjeka $Q_s/Q_k$	m´	17,9/19,3
Duljina pjeskolova	m´	50,0
Proizvodnja pijeska	l/st.god	5,0
Širina komore za isplivavanje masti	m	2,0
Duljina komore za isplivavanje masti	m´	47,0
Površinsko opterećenje kod suhog dotoka	m/h	43,9

Poprečni presjek kroz pjeskolov – mastolov je prikazan na slici 9.





**Slika 9.** Poprečni presjek kroz pjeskolov – mastolov

Dakle, i pjeskolov i mastolov rade na istom principu – grabalicama se pijesak ili mast gura na kraj bazena gdje ih cisterne odvoze u tzv. rakete.



**Slika 10.** Pjeskolov

### 3.3.1.4. Prehodni taložnici

Taloženje teških organskih sadržaja iz otpadnih voda se događa u prehodnim taložnicima.



**Slika 13.**Prehodni taložnik [11]

Nakon što otpadna voda prođe kroz mjerač protoka, prolaze kroz razdjelno okno u kojemu se raspoređuje po pojedinim taložnicima. One otpadne vode koje su prehodno bile podvrgnute prehodnom taloženju se odvođe u biološke spremnike [11]. U tablici 4. su prikazane karakteristike prehodnih taložnika.

**Tablica 4.** Prehodni taložnici [11]

POKAZATELJ	Mjerna jedinica	Vrijednost
Broj taložnika	kom	3
Vrijeme zadržavanja kod sušnog dotoka	h	1.43
Promjer taložnika	m	50,0
Dubina vode	m	4,0
Duljina jedne strane preljeva	m	146
Opterećenje preljeva kod sušnog dotoka	m <sup>3</sup> /m.h.	37,7
Nagib dna	-	1:15



**Slika 11.** Pogled na prethodne taložnike [11]

### **3.3.1.5. Biološki reaktori**

Otpadna voda, nakon prethodnih taložnika, odlazi do razdjelnog okna gdje se miješa sa povratnim muljem i takva otpadna voda se odvodi do bioloških reaktora. Kako bi se razgradila organska tvar, potreban je kisik koji se dovodi do objekata u stlačenom stanju. Osam je bio spremnika ukupnog obujma 50.096 m<sup>3</sup>, a izgrađeni su od armiranog betona i vodonepropusni su [11].



**Slika 12.** Bioaeracijski bazeni [11]

U bio spremnicima se uvodi stlačeni zrak koji se upušta u otpadne vode preko tanjurastih aeratora s gumenom membranom. U tablici 5. su prikazane karakteristike biospremnika – vrijednosti za opterećenja muljem, sadržaj suhe tvari, prostorno opterećenje, ukupan obujam spremnika, broj spremnika, obujam jednog spremnika, dubina spremnika, širina spremnika, duljina spremnika, specifična proizvodnja viška mulja, starost mulja, koncentracija kisika u bio spremnicima, dnevna količina kisika, maksimalni satni obujam zraka, srednji satni obujam zraka i broj turbo ventilatora.

**Tablica 5. Biospremnici [11]**

<b>POKAZATELJ</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Vrijednost</b>
<b>Opterećenje muljem</b>	kg/kg.d	0,3
<b>Sadržaj suhe tvari</b>	kg ST/m <sup>3</sup>	3,3
<b>Prostorno opterećenje</b>	kg/m <sup>3</sup> .d	1,0
<b>Ukupan obujam spremnika</b>	m <sup>3</sup>	50.096
<b>Broj spremnika</b>	kom	8
<b>Obujam jednog spremnika</b>	m <sup>3</sup>	6.262
<b>Dubina spremnika</b>	m	5,5
<b>Širina spremnika</b>	m	16,5
<b>Duljina spremnika</b>	m´	69,0
<b>Specifična proizvodnja viška mulja</b>	kg ST/kg BPK5	0,96
<b>Starost mulja</b>	d	3,4
<b>Koncentracija kisika u biospremnici</b>	mg O <sub>2</sub> /l	2,0
<b>Dnevna količina kisika</b>	kg O <sub>2</sub> /d	42.518
<b>Maksimalni satni obujam zraka</b>	N m <sup>3</sup> /h	64.620
<b>Srednji satni obujam zraka</b>	N m <sup>3</sup> /h	43.619
<b>Broj turbo ventilatora</b>	kom	3

### 3.3.1.6. Naknadni taložnici

Mješavina mulja iz biološkog reaktora se u naknadnim taložnicima odvaja od pročišćene vode. Crpkama za povratni mulj se u biološki proces vraća aktivni mulj, a višak mulja se odvodi na obradu. U naknadnim taložnicima se odvija ciljana sedimentacija mrtvih i živih mikroorganizama, kao i nerazgrađene organske i anorganske tvari koje se skupnim imenom nazivaju aktivnim/sekundarnim muljem. Na dno naknadnog taložnika se taloži oživiljeni mulj. Pomoću zgrtalice s pločama on se odvodi u lijevak koji je postavljen centralno, a jedan dio oživljenog mulja se vraća u biološki reaktor kao „povratni mulj“ [11].



**Slika 13.** Bazen sa mikroorganizmima

Cilj navedenog je povećanje broja mikroorganizama u biološkom procesu. Drugi dio mulja, koji predstavlja tzv. „višak“ mulja, se odvodi na kondicioniranje i strojno zgušnjavanje. Odstranjivanje plivajućeg mulja iz naknadnih taložnika izvodi se preko pužnog okna za plivajući mulj koji je pričvršćen na zgrtalicu naknadnog taložnika. Plivajući mulj se dalje, zajedno s povratnim muljem i viškom mulja, vodi na daljnju obradu. Izlaz pročišćene vode iz naknadnog taložnika predviđen je u obliku dvostranog, zupčanog preljevnog kanala izgrađenog od nehrđajućeg čelika. Pročišćena otpadna voda otječe preko odvodnih kanala unutar pojedinih naknadnih taložnika u odvodni kanal i dalje preko okna za induktivno mjerenje

protoka u GOK koji je dalje odvodi u rijeku Savu [11]. Tablica 6. prikazuje karakteristike naknadnih taložnika.

**Tablica 6.** Naknadni taložnici [11]

<b>POKAZATELJ</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Vrijednost</b>
<b>Broj taložnika</b>	kom	12
<b>Suhi dotok po taložniku</b>	m <sup>3</sup> /h	1.375
<b>Kišni dotok po taložniku</b>	m <sup>3</sup> /h	2.542
<b>Odabrani index mulja</b>	ml/g	100
<b>Površinsko opterećenje kod suhog dotoka</b>	m/h	0,72
<b>Opterećenje krutinama</b>	l/m <sup>2</sup> .h	≤450
<b>Unutrašnji promjer taložnika</b>	m	50,0
<b>Dubina vode na 2/3 staze protoke</b>	m	4,2
<b>Dubina vode uz rub</b>	m´	3,6
<b>Obujam jednog taložnika</b>	m <sup>3</sup>	8.001
<b>Ukupan obujam</b>	m <sup>3</sup>	96.012
<b>Nagib dna</b>	-	1:10
<b>Omjer povrata vode</b>	-	0,69
<b>Sadržaj krute tvari povratnog mulja</b>	kg/m <sup>3</sup>	8,8
<b>Opterećenje praga preljeva kod kišnog dotoka</b>	m <sup>3</sup> /h.m	8,6

### **3.3.1.7. Obrada mulja**

Iz prethodnog taložnika se primarni mulj pomoću crpke za primarni mulj podiže u prethodni zgušnjivač mulja. Tamo se mulj zgušnjava i nakon toga se pumpa u spremnik za sirovi mulj. Obrada mulja traje sedam dana. Iz prethodnih taložnika se mulj zgušnjava u prethodnim zgušnjivačima. Višak mulja iz naknadnih taložnika se strojno zgušnjava. Anaerobnim postupkom se mulj stabilizira i tako

stabilizirani mulj se u zgušnjivačima ponovno zgušnjava, a uz pomoć centrifuge se stabilizirani mulj odvodnjava. U navedenom postupku dolazi do stvaranja bioplina koji se prikuplja i provodi do energane kako bi se proizvela električna i toplinska energija [11]. Tablica 7. prikazuje karakteristike zgušnjivača mulja iz prethodnog taložnika, a tablica 8. karakteristike strojnog zgušnjivača viška mulja, te su u tablici 9. prikazane karakteristike digestora. Osim toga, na slici 14. su prikazani predstavljeni objekti za obradu mulja, a na slici 15. digestori.

**Tablica 7.** Zgušnjivač mulja iz prethodnog taložnika [11]

POKAZATELJ	Mjerna jedinica	Vrijednost
Količina mulja	kg ST/d <sub>7</sub>	79.731
Obujam mulja	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	1.993
Vrijeme zadržavanja	d	2,2
Krute tvari u dotoku	kg/m <sup>3</sup>	40,0
Krute tvari u ispustu	kg/m <sup>3</sup>	1.227
Broj zgušnjivača	kom	2
Obujam jednog zgušnjivača	m <sup>3</sup>	2.171
Promjer jednog zgušnjivača	m	24,0
Dubina punjenja zgušnjivača	m	4,4
Preljevna muljna voda	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	766



**Slika 14.** Objekti za obradu mulja [11]

Tablica 8. Strojni zgušnjivač viška mulja [11]

POKAZATELJ	Mjerna jedinica	Vrijednost
Količina mulja u dotoku	kg ST/d <sub>7</sub>	79.654
Obujam mulja u dotoku	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	9.052
Krute tvari u dotoku	kg/m <sup>3</sup>	8,8
Dnevno vrijeme rada	h/d	24
Broj strojeva za odvodnjavanje	kom	4+1
Kapacitet stroja	m <sup>3</sup> /h	14
Maksimalni protok krute tvari po stroju	kg ST/h	830
Krute tvari u ispustu	kg/m <sup>3</sup>	65
Obujam mulja u ispustu	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	1.225
Preljevna muljna voda	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	7.827
Ukupna instalirana snaga	kW	75

Tablica 9. Digestori [11]

POKAZATELJ	Mjerna jedinica	Vrijednost
Količina mulja u dotoku	kg/d <sub>7</sub>	154.654
Dio organskog mulja	kg/d <sub>7</sub>	106.665
Dio anorganskog mulja	kg/d <sub>7</sub>	47.989
Ukupan obujam mulja u dotoku	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	2.379
Odabrano vrijeme zadržavanja	d	oko 14,9
Ukupan obujam digestora	m <sup>3</sup>	oko 35.360
Broj digestora	kom	4
Obujam jednog digestora	m <sup>3</sup>	oko 8.840
Organsko prostorno opterećenje	kg org St/m <sup>3</sup>	3,0
Količina organskog mulja u ispustu	kg/d <sub>7</sub>	53.392
Količina anorganskog mulja u ispustu	kg/d <sub>7</sub>	47.990
Ukupna količina mulja u ispustu	kg/d <sub>7</sub>	101.322
Ukupan obujam mulja u ispustu	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	2.379
Temperatura u digestorima	°C	37





**Slika 15.** Digestori [11]

Centrifugama u gornjem katu zgrade se digestirani mulj dehidrira kako bi suha tvar, koja je na ulazu oko 4,5% porasla na oko 27% [11].



**Slika 16.** Prethodni i naknadni zgušnjivači mulja [11]

Karakteristike naknadnog zgušnjivača mulja i odvodnjavanja mulja su prikazane u tablici 10. i 11.

**Tablica 10.** Naknadni zgušnjivači mulja [11]

<b>POKAZATELJ</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Vrijednost</b>
Vrijeme zadržavanja	d	1,8
Ukupan obujam zgušnjivača	m <sup>3</sup>	4.342
Kruta tvar u dotoku	kg/m <sup>3</sup>	425
Kruta tvar u ispustu	kg/m <sup>3</sup>	45,0
Broj zgušnjivača	kom	2
Obujam jednog zgušnjivača	m <sup>3</sup>	2.171
Dubina punjenja zgušnjivača	m	4,4
Promjer zgušnjivača	m´	24,0
Preljevna muljna voda	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	132

**Tablica 11.** Odvodnjavanje mulja [11]

<b>POKAZATELJ</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Vrijednost</b>
Dnevno vrijeme rada	h/d	24
Broj centrifuga	kom	3+1
Ukupan obujam mulja u dotoku	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	2.252
Kapacitet centrifuge	m <sup>3</sup> /h	55
Maksimalni protok krute tvari po stroju	kg ST/H	oko 1.400
Krute tvari u ispustu	kg/m <sup>3</sup>	≥300
Obujam mulja u ispustu	m <sup>3</sup> /d <sub>7</sub>	oko 338
Ukupna instalirana snaga	kW	360



**Slika 17.** Spremnici viška mulja [11]

### 3.3.1.8. Izlazna crpna stanica

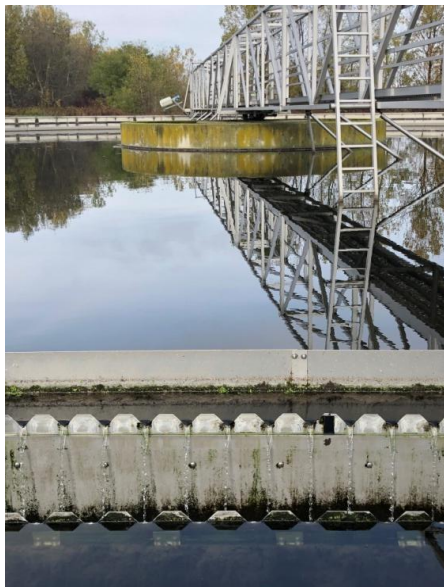
Izlazna crpna stanica omogućuje da pročišćena voda slobodno istječe u glavni odvodni kanal [11], a karakteristike izlazne crpne stanice prikazane su u tablici 12.

**Tablica 12.** Izlazna crpna stanica [11]

POKAZATELJ	Mjerna jedinica	Vrijednost
<b>Maksimalni ispust iz uređaja</b>	m <sup>3</sup> /h	30.510
<b>Broj crpki</b>	kom	3+1
<b>Kapacitet jedne crpke</b>	m <sup>3</sup> /h	12.600
<b>Visina dizanja crpki</b>	m	3,8

Kontrola kakvoće otpadne vode se kontinuirano provodi na ulazu i izlazu iz uređaja za pročišćavanje, a provode ju ovlašteni laboratoriji.

Na slikama 18. i 19. su prikazani bazeni sa čistom vodom koja se kasnije izlijeva u rijeku Savu, a prema podacima voda je iz ovih bazena čišća od primjerice vode iz jezera na Jarunu i Bundeku.



Slika 18. Bazeni sa čistom vodom [9]



Slika 19. Bazeni sa čistom vodom [9]

Prije nego li je cijeli pogon počeo sa radom, rijeka Sava je bila na 5. stupnju onečišćenja, dok je sada na 2. stupnju onečišćen

## 4. ZAKLJUČAK

Karakteristike Centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb su sljedeće:

- Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda sastoji se od niza objekata: ulazna crpna stanica, zgrada s rešetkama, pjeskolov-mastolov, prethodni taložnici, biološki reaktori, naknadni taložnici, objekat za obradu mulja, izlazna crpna stanica,
- Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb je projektiran za kapacitet 1.500.000 ES (ekvivalent stanovnika),
- pročišćavanje otpadnih voda u Centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda je planirano da se izvodi s II. stupnjem čišćenja uz mogućnost proširenja postrojenja do III. stupnja čišćenja.

Korisnost i učinkovitost Centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda potvrđuje podataka da prije nego što je cijeli pogon počeo sa radom da je rijeka Sava bila na 5. stupnju onečišćenja, dok je sada na 2. stupnju onečišćenja.

## LITERATURA

- [1] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Hrvatska enciklopedija: Otpadne vode, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45899>, pristupljeno: 15.09.2021.
- [2] Tolić, S.: *Značaj vode i vodnih resursa za opstanak planete Zemlje*, Zdravlje za sve, [http://zdravljezasve.hr/html/zdravlje1\\_ekologija2.html](http://zdravljezasve.hr/html/zdravlje1_ekologija2.html), , pristupljeno: 15.09.2021.
- [3] ClimateChangePost: Croatia, Fresh water resources Croatia, <https://www.climatechangepost.com/croatia/fresh-water-resources>, pristupljeno: 15.09.2021.
- [4] Vlada Republike Hrvatske: *Strategija upravljanja vodama*, Hrvatske vode, Zagreb, 2009., [https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija\\_upravljanja\\_vodama.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija_upravljanja_vodama.pdf), pristupljeno: 12.06.2021.
- [5] Zakon o vodama, Narodne novine broj 66/2019
- [6] Ambulkar, A.: Wastewater treatment, Britannica, <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment>, pristupljeno: 15.09.2021.
- [7] Državni zavod za statistiku, <https://www.dzs.hr>, pristupljeno: 15.09.2021.
- [8] Zagrebačke otpadne vode: *Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb*, <https://www.pmf.unizg.hr/images/50017753/brosura%20uredjaj%20zagreb.pdf>, pristupljeno: 15.06.2021.
- [9] Grad Zagreb: *Odluka o odvodnji otpadnih voda*, Službeni glasnik Grada Zagreba, Zagreb, <http://www1.zagreb.hr/zagreb/slglasnik.nsf/7ffe63e8e69827b5c1257e1900276647/9fe4363c689e8896c1256cde00461698?OpenDocument>, pristupljeno: 20.06.2021.

- [10] Schröder, R. i sur.: Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba, Građevinar 53 (2001) 4, 211- 232, <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-53-2001-04-03.pdf>, pristupljeno: 15.12.2021.
- [11] Tušar, B. i sur.: *Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu (CUPOVZ)*, Hrvatske vode, 2009., str. 241-250, [https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf\\_clanka/hv\\_69-70\\_2009\\_241-250\\_tusar-et-al.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_69-70_2009_241-250_tusar-et-al.pdf), pristupljeno: 25.06.2021.
- [12] osobni izvor (vlastita fotografija)
- [13] Grad Zagreb: *Razvojna strategija grada Zagreba za razdoblje do 2020. godine*, [https://www.zagreb.hr/userdocsimages/arhiva/strategijsko\\_planiranje/RSZG%202020%20%20layout\\_publicacija\\_velika%204.6.pdf](https://www.zagreb.hr/userdocsimages/arhiva/strategijsko_planiranje/RSZG%202020%20%20layout_publicacija_velika%204.6.pdf), pristupljeno: 17.06.2021.
- [14] Vodoopskrba i odvodnja d.o.o.: *Odvodnja*, <https://www.vio.hr/odvoda/odvodnja/1639>, pristupljeno: 22.06.2021.
- [15] Water Science School: Wastewater, Treatment Water Use, <https://www.usgs.gov>, pristupljeno: 15.09.2021.

## POPIS TABLICA

Tablica 1.: Ulazni podaci za crpnu stanicu [8]	13
Tablica 2.: Ulazni podaci za zgradu sa rešetkama [8]	16
Tablica 3.: Pjeskolov-mastolov [8]	17
Tablica 4.: Prethodni taložnici [8]	19
Tablica 5.: Biospremnici [8]	21
Tablica 6.: Naknadi taložnici [8]	23
Tablica 7.: Zgušnjivač mulja iz prethodnog taložnika [8]	24
Tablica 8.: Strojni zgušnjivač viška mulja [8]	25
Tablica 9.: Digestori [8]	25
Tablica 10.: Naknadni zgušnjivači mulja [8]	27
Tablica 11.: Odvodnjavanje mulja [8]	27
Tablica 12.: Izlazna crpna stanica [8]	28



## POPIS SLIKA

Slika 1.: Veći vodotoci i slivovi na području Hrvatske [4]	3
Slika 2.: Shematski prikaz upravljanja vodama u državnom ustroju RH [4]	5
Slika 3.: Pregled smještaja objekata centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Zagreba [8]	10
Slika 4.: Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb (CUPOVZ) [8]	11
Slika 5.: Grube rešetke za odvajanje plastike i papira iz otpadnih voda	13
Slika 6.: Grube rešetke za odvajanje plastike i papira iz otpadnih voda	13
Slika 7.: Fine rešetke	14
Slika 8.: Kontejneri s ostacima iz kanalizacijskih voda koji se kasnije prerađuju	15
Slika 9.: Poprečni presjek kroz pjeskolov – mastolov	17
Slika 10.: Pjeskolov	17
Slika 11.: Pogled na prethodne taložnike [11]	19
Slika 12.: Bioaeracijski bazeni [11]	19
Slika 13.: Bazen sa mikroorganizmima	21
Slika 14.: Objekti za obradu mulja [11]	23
Slika 15.: Digestori [11]	25
Slika 16.: Prethodni i naknadni zgušnjivači mulja [11]	25
Slika 17.: Spremnici viška mulja [11]	27
Slika 18.: Bazen sa čistom vodom [9]	28
Slika 19.: Bazen sa čistom vodom [9]	28