

# Idejni projekt uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Vojnić

---

**Percan, Deni**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:444566>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-09**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Deni Percan

**IDEJNI PROJEKT UREĐAJA ZA  
PROČIŠĆAVANJE OTPADNINE VODA  
AGLOMERACIJE VOJNIĆ**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**  
DIPLOMSKI STUDIJ HIDROTEHNIKA



Deni Percan

**IDEJNI PROJEKT UREĐAJA ZA  
PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA  
AGLOMERACIJE VOJNIĆ**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk

Zagreb, 2023.

**UNIVERSITY OF ZAGREB**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**



Deni Percan

**PRELIMINARY DESIGN OF  
WASTEWATER TREATMENT PLANT  
FOR AGGLOMERATION VOJNIĆ**

MASTER'S GRADUATE THESIS

Supervisor: associate prof. Dražen Vouk, PhD

Zagreb, 2023.



## TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta:

JMBAG:

Diplomski rad iz predmeta:

Naslov teme  
diplomskog rada:

HR	
ENG	

Opis teme diplomskog rada:

Datum:

Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor:

(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)



## POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI DIPLOMSKOG RADA

Student:

(Ime i prezime studenta, JMBAG)

zadovoljio je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o izradi i obrani diplomskog rada na Diplomskom sveučilišnom studiju građevinarstva.



(Sažetak rada na hrvatskom jeziku, maksimalno 200 riječi)

(Sažetak rada na engleskom jeziku, maksimalno 200 riječi)

Ključne riječi	HR	
	ENG	

(datum)

(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)

# IZJAVA STUDENTA O IZVORNOSTI

Ja, Deni Percan, JMBAG 0082056509, rođen 09.01.1998. u Puli,  
izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

## **IDEJNI PROJEKT UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA AGLOMERACIJE VOJNIĆ**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Građevinskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana 5. srpnja 2023. godine

---

Potpis studenta

## **SAŽETAK**

Predmet ovog rada je uređaj za pročišćavanje otpadnih voda trećeg stupnja pročišćavanja, kapaciteta 1335 ES za aglomeraciju Vojnić. Na razini idejnog projekta obrađena su tehnološka rješenja i izrađeni hidraulički proračuni za linije vode i linije mulja.

Liniju vode čine mehanički predtretman i biološki tretman sa KPAM tehnologijom (konvencionalni postupak s aktivnim muljem). Mehanički predtretman čine kanal s grubom rešetkom, ulazna crpna stanica, koja sirove otpadne vode podiže do fine rešetke i aeriranog pjeskolova-mastolova. Biološki tretman otpadnih voda se provodi u biološkom reaktoru (predanoksična denitrifikacija) i naknadnom taložniku s crpnom stanicom za povratni tok mulja. Iz biološkog reaktora se pročišćene otpadne vode gravitacijski ispuštaju u recipijent. Fosfor se uklanja isključivo kemijskim obaranjem.

Linija mulja, nastalog nakon biološkog tretmana iz KPAM postupka započinje odvođenjem izdvojenog mulja na gravitacijsko zgušnjavanje, nakon kojeg slijedi njegovo privremeno retenciranje u odvojenom spremniku (do max. 5 dana).

**Ključne riječi:** uređaj za pročišćavanje, KPAM, 3. stupanj, Vojnić



## **ABSTRACT**

The subject of this thesis is WWTP with the third stage of treatment, and with a capacity of 1335 PE for the Vojnic agglomeration. At the level of the preliminary design, technological solutions were designed and hydraulic calculations for water lines and sludge lines were made.

The water line consists of mechanical pretreatment and biological treatment with CAS technology (conventional process with activated sludge). Mechanical pretreatment consists of a channel with a coarse screen, an inlet pumping station, fine screens and aerated grit and grease chamber. Biological treatment of wastewater is carried out in a biological reactor (pre-anoxic denitrification) and a subsequent clarifier with a pumping station for the return flow of sludge. Treated wastewater from the biological reactor is discharged by gravity into the recipient. Phosphorus is removed exclusively by chemical precipitation.

The line of sludge, created after biological treatment from the CAS procedure, begins with the removal of the separated sludge for gravity thickening, followed by its temporary retention in a separate tank (up to max. 5 days).

**Keywords:** *wastewater treatment plant, CAS, tertiary treatment, Vojnic*

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ANALIZA UTJECAJNIH ČIMBENIKA .....	4
2.1. LOKACIJA .....	4
2.2. STANOVNIŠTVO .....	6
2.3. TURIZAM.....	7
3. DEFINIRANJE MJERODAVNIH OPTEREĆENJA.....	8
3.1. HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE .....	8
3.1.1. Kućanske otpadne vode .....	8
3.1.2. Otpadne vode turizma.....	11
3.1.3. Tuđe vode .....	11
3.1.4. Oborinske vode.....	12
3.2. OPTEREĆENJE OTPADNOM TVARI.....	13
4. TEHNIČKI OPIS UREĐAJA .....	15
4.1. MEHANIČKI PREDTRETMAN .....	17
4.1.1. Gruba rešetka .....	17
4.1.2. Ulazna crpna stanica.....	18
4.1.3. Integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova-mastolova.....	19
4.2. TREĆI STUPANJ PROČIŠĆAVANJA .....	21
4.2.1. Bioaeracijski reaktor.....	21
4.2.2. Naknadni taložnik.....	22
4.3. OBRADA MULJA .....	23
4.4. DODATNI OBJEKTI.....	25
4.4.1. Parshallov kanal.....	25
4.4.2. Biofilter.....	26
4.4.3. Soba za skladištenje i doziranje kemikalija .....	26
4.4.4. Kompresorska soba.....	27
5. HIDRAULIČKI I TEHNOLOŠKI PRORAČUN UREĐAJA .....	28
5.1. TEHNOLOŠKI PRORAČUN .....	28
5.1.1. Gruba rešetka .....	28
5.1.2. Integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova.....	29
5.1.3. Bioaeracijski reaktor.....	31
5.1.4. Naknadni taložnik.....	33
5.1.5. Zgušnjivač mulja .....	35

5.2.	HIDRAULIČKI PRORAČUN.....	38
5.2.1.	Linija vode.....	39
5.2.2.	Linija mulja.....	43
6.	LITERATURA.....	45
7.	GRAFIČKI PRILOZI.....	46
7.1.	SITUACIJA	MJ 1:2500
7.2.	LINIJA VODE	MJ 1:100
7.3.	LINIJA MULJA	MJ 1:100
7.4.	DETALJ GRUBE REŠETKE	MJ 1:50
7.5.	DETALJ INTEGRIRANE LINIJE	MJ 1:50
7.6.	DETALJ BIOAERACIJSKOG REAKTORA	MJ 1:50
7.7.	DETALJ NAKNADNOG TALOŽNIKA	MJ 1:50
7.8.	DETALJ ZGUŠNJIVAČA MULJA	MJ 1:50

## **1. UVOD**

Otpadna voda je voda koja se pojavljuje u onečišćenom obliku nastala od strane čovjeka, njegovom aktivnošću i vode nastale kao produkt oborina. Otpadna se voda može podijeliti po načinu njenog nastanka kao otpadna voda iz kućanstva, industrije ili pak kao otpadna voda nastala od oborina. Otpadna voda je najčešće zagađena organskim spojevima i spojevima bogatim fosforom i dušikom.

Pročišćavanje otpadnih voda smatra se jednim od glavnih procesa u smanjivanju zagađenja i lošeg postupanja tvarima onečišćenim od strane čovjeka. Svakodnevni porast onečišćenja potrebno je u što većoj mogućoj mjeri nastojati umanjiti. Kao jednim od čovjeku neophodnih resursa, voda, se nastoji u posljednje vrijeme što manje onečistiti na način da se nova ili rekonstruirana infrastruktura nastoji izgraditi na adekvatan, ujedno i ekološki prihvatljiv način.

Otpadne vode, fekalne i oborinske, u svakom sustavu javne odvodnje moguće je tretirati na veći broj načina, odnosno tehnoloških rješenja, na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Načini na koje će se otpadna voda na UPOV-u tretirati ovisi o samoj lokaciji uređaja, slobodni prostor i visinski smještaj elemenata UPOV-a. Elementi UPOV-a ovise o željama i mogućnostima investitora, materijalima, načinu ugradnje, razini automatizacije i pročišćavanja vode, izloženosti neugodnim mirisima i dr. Zadatak koji se pred projektanta stavlja za razradu ovog tipa idejnog projekta jest da sustav bude na razini III. stupnja pročišćavanja. Stoga potrebno je za idejni projekt uređaja za pročišćavanja otpadnih voda aglomeracije Vojnić proračunati i isprojektirati takav sustav pročišćavanja otpadnih voda da on bude na razini III. stupnja pročišćavanja za konvencionalni postupak s aktivnim muljem.

Sustav javne odvodnje zadužen je za prikupljanje, transport, pročišćavanje i u konačnici ispuštanje pročišćene otpadne vode. Sam sustav javne odvodnje nije moguće samo ograničiti na djelatnost i rad UPOV-a, nego je potrebno na sustav gledati kao cjelinu u kojoj svi dijelove od spomenutih četiri imaju svoju pripadajuću ulogu.

Sustav javne odvodnje aglomeracije Vojnić je mješoviti sustav sa nizom kišnih rasteretnih građevina kako UPOV ne bi imao prevelika opterećenja te kako bi se uštedilo prilikom gradnje obzirom da se radi o manjoj aglomeracijskoj sredini. Za mješoviti sustav javne odvodnje karakteristična su dva izraženija režima rada, duljim i kraćim. Kod velikih dotoka od oborina suhi se dotok kombinira sa mnogo puta većim dotokom pristiglim od oborina.

Prvi dotok od oborina je najopterećeniji sa otpadnim tvarima, veliki su pronosi onečišćenja koji rezultiraju umanjnjem suhog dotoka u sustavu odvodnje. Nakon smanjenja intenziteta i u konačnici prestanka oborine dolazi do procjeđivanja voda od slivnih površina koje traje duže nego djelovanje od same oborine. Obzirom da je sustav javne odvodnje aglomeracije Vojnić mješoviti doći će do veće cijene izgradnje UPOV-a, zbog potrebnih mjerodavnih dimenzija i potreba same aglomeracije.

Zadaća dobro konstruiranog UPOV-a je njegova sposobnost prilagodbe nejednolikom režimu hidrauličkog opterećenja i opterećenja otpadnom tvari, a da prilikom njegovog rada budu zadovoljeni svi kriteriji njegovog projektiranja.

Kako bi rad UPOV-a bio što efikasniji i održiviji tehnologija kojom se on koristi mora imati ujednačen režim hidrauličkog i biološkog opterećenja.

Cilj izgradnje javnog sustava odvodnje je zadovoljiti potrebe korisnika i poštivati zahtjeve naručitelja te uz sve to voditi brigu o poštivanju važećih propisa i zakona. Ujedno potrebno je voditi brigu i o budućem uređaju na način da uzmemo u obzir ekološke aspekte područja gdje će se projekt izvoditi uz zadovoljavanje potrebnih razina učinkovitosti pročišćavanja otpadnih voda. Sukladno Direktivi o komunalnim otpadnim vodama Republika Hrvatska nastoji intenzivno raditi na unaprjeđenju sustava vodovoda i kanalizacije te ujedno i samom pročišćavanju otpadne vode.

Obzirom da je projektom zadatkom predviđeno projektiranje uređaja za pročišćavanje voda s trećim stupnjem pročišćavanja za aglomeraciju Vojnić moraju se poštovati vrijednosti iz Direktive o komunalnim otpadnim vodama koje nalažu kako se mora što više tretirati otpadna voda kako bi u njoj u konačnici bila što manja količina dušika i fosfora. Velike količine dušika i fosfora uzrokuju nepovoljnu eutrofikaciju vode.

Izgrađeni UPOV-a za aglomeraciju Vojnić predviđa se da koristi tehnologiju konvencionalnog pročišćavanja otpadne vode s aktivnim muljem. Prednost takve tehnologije za rad UPOV-a je u tome što se otpadna voda pročišćava više puta cirkulirajući između naknadnog taložnika i bioaeracijskog reaktora do zadovoljavajućih vrijednosti.

Projektom zadatkom zadan za izradu ovog idejnog projekta je odrediti i u skladu sa pravilima struke projektirati uređaj za pročišćavanje otpadnih voda konvencionalnim postupkom s aktivnim muljem na razini III. stupnja pročišćavanja za aglomeraciju Vojnić. Prilikom projektiranja valja uzeti u obzir sve postojeće i buduće potrebe naručitelja, prikupiti

su potrebnu dokumentaciju, poštivati zakone struke te državne i europske zakonodavne okvire i propise.

Zadaća koja se postavlja projektantu je analiza prikupljenih podataka te prognoza kretanja broja korisnika, potrošnja vode koja služi kao mjerodavna vrijednost za projekciju otpadnih voda, mogućnost razvoja industrije, turizma i gospodarstva koje će dati mjerodavne vrijednosti za mjerodavne vrijednosti hidrauličkog proračuna i opterećenja otpadnim tvarima. Projektno rješenje dimenzionira se razdoblje od 30 godina.

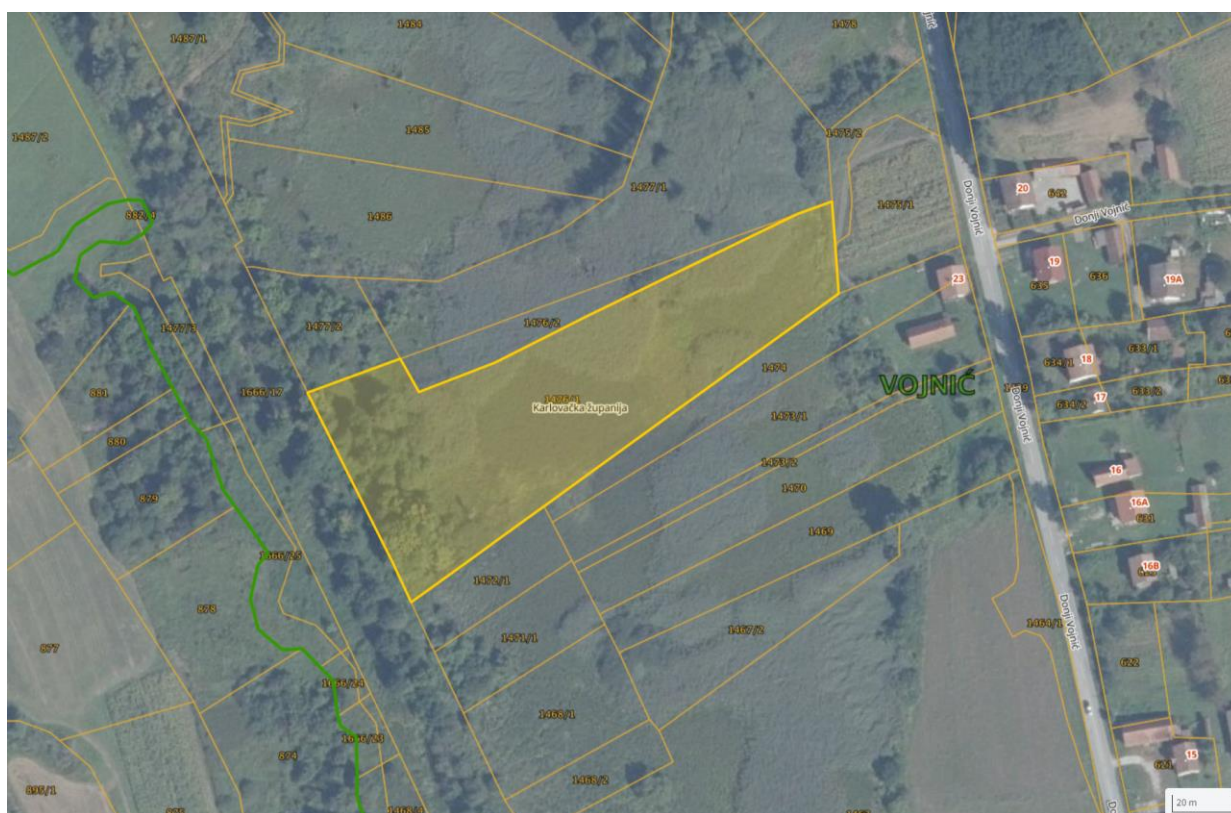
U konačnici cilj ovog projekta je zaštita vodotoka rijeke Radonje kao i podzemnih voda uz rijeku i slivove od dosadašnjeg onečišćenja dosadašnjim rješenjem mješovite odvodnje sa većom količinom ispusta direktno u rijeku bez prethodnog tretiranja vode.

## 2. ANALIZA UTJECAJNIH ČIMBENIKA

### 2.1. LOKACIJA

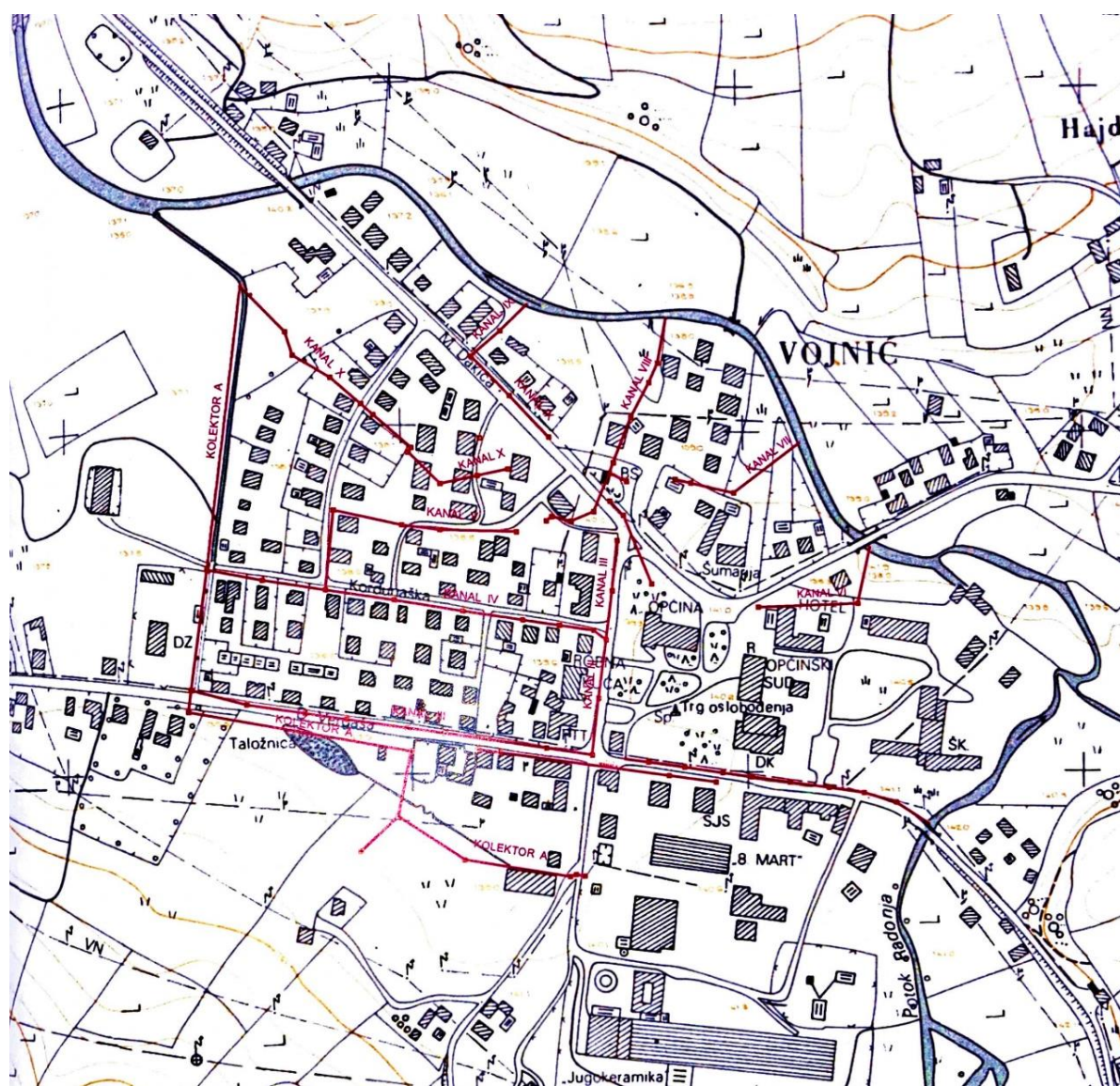
Naselje Vojnić smješteno je podno Petrove Gore u istočnom dijelu Karlovačke županije. Vojnić se nalazi u Karlovačkoj županiji, 26 km južno od Karlovca. Centar općine smješten je na nadmorskoj visini od 140 m, sa prosječnom nadmorskom visinom od 160 m. Reljef aglomeracije je nisko pobrđe, nizine i brežuljci te šume koje sa porastom nadmorske visine postaju gušće.

Predmetna lokacija na koju se predviđa smještaj UPOV-a aglomeracije Vojnić nalazi se sjeverno od naselja Vojnić na katastarskoj čestici k.č.br. 1476/1, k.o. Vojnić uz pritok rijeke Radonje. Katastarska čestica k.č.br. 1476/1 površine je 9495 m<sup>2</sup>. Teren predviđen za izgradnju je trapezastog i izduženog oblika sa niskim raslinjem i povoljnom topografijom. Izgradnja pristupnog puta predviđena je na katastarskoj čestici k.č.br. 1475/2, k.o. Vojnić površine 1839 m<sup>2</sup>. Vlasnik obje katastarske čestice je „Vodovod i odvodnja d.o.o.“, ulica Andrije Hebranga 9, Vojnić. Do katastarske čestice previđena je izgradnja pristupnih cesta kao i sva potrebna infrastruktura.



Slika 1. Izvod iz katastarskog plana k.č.br. 1476/1, k.o. Vojnić

Mreža odvodnje na području općine je vrlo slabo izgrađena. Na području Općine Vojnić na javnu kanalizaciju trenutno je priključeno samo 30 % stanovništva od čega je 85% u samom užem centru grada Vojnić sa ukupnom duljinom izgrađenosti mreže od 3080 m. U Vojniću postoji djelomično izgrađena kanalizacijska mreža, koja je građena neplanski u periodu od 1970. godine do 1980. godine sa ciljem što jednostavnijeg odvođenja otpadnih voda. Sustav je mješoviti i djeluje na način da se voda gravitacijskim putem izliva u rijeku Radonju putem 6 izljevnih mjesta. Objekti i kuće koje nisu spojeni na kanalizacijsku mrežu otpadne vode ispuštaju preko sabirnih i septičkih jama odakle sva otpadna voda završava u rijeci Radonja. U gradu Vojnić postoji manji broj industrijskih pogona, ali za potrebe ovog projekta nisu uzete u obzir zbog smanjenje aktivnosti industrije u tom kraju.



Slika 2. Situacija centra Vojnića sa ucrtanom postojećom kanalizacijom mrežom



## 2.2. STANOVNIŠTVO

Prema popisu stanovništva iz 2021. godine naselje Vojnić imalo je 1524 stanovnika. Očekivani broj stanovnika za aglomeraciju Vojnić, u koju spadaju Vojnić i Kolarić, smatra se da će biti u blažem padu. Stoga za 2031. godinu on bi trebao za aglomeraciju biti 1372 stanovnika, za 2041. godinu 1303 stanovnika, a za 2051. godinu 1238 stanovnika.

Aglomeracija Vojnić trenutno nema značajnije turističke aktivnosti. Na području aglomeracije se ne očekuje povećanje niti smanjenje turističke aktivnosti stoga smještajni kapaciteti neće predstavljati promjenjujuće opterećenje za područje aglomeracije.

Na promatranom području trenutna priključenost stalnog stanovnika na javni sustav odvodnje je 85%, odnosno 1295 stanovnika i specifičnom količinom otpadnih voda od stalnog stanovništva u danu od 80 l/s/d. Cilj i parametri uzeti za proračun smatraju kako će priključenost stalnog stanovništva na sustav javne odvodnje biti na 95% kroz 30 godina, odnosno 1176 stanovnika će biti priključeno sa specifičnom količinom otpadnih voda od stalnog stanovništva u danu od 90 l/s/d. Ukupna godišnja količina otpadnih voda stalnih stanovnika u 2021. godina iznosila je 37 814 m<sup>3</sup>/god. Cilj je da u 2051. godini godišnja količina otpadnih vode od stalnog stanovništva bude 38 632 m<sup>3</sup>/god što predstavlja blagi porast količine otpadne vode u sustavu.

U slijedećoj tablici prikazan je proračun pretpostavljenih proračunskih vrijednosti.

*Tablica 1.* Projekcija kretanja broja stanovnika sa količinom godišnjim otpadnih voda

Vojnić - potrebe za vodom - stanovništvo	Jed. mjere	2021	2031	2041	2051
Broj stanovnika	Br.st.	1524	1372	1303	1238
Priključenost stanovnika	%	85	90	93	95
Broj priključenih stanovnika	Br.st.	1295	1234	1212	1176
Specifična količina otpadnih voda - stalno stanovništvo	l/st/d	80	85	87	90
Ukupna količina otpadnih voda stalnih stanovnika	m <sup>3</sup> /godina	37814	38285	38487	38632

### 2.3. TURIZAM

Na projektiranoj aglomeraciji ne očekuje se povećanje subjekata u turizmu. Proračun se provodi po trenutno poznatim vrijednostima. Broj ležajeva je 40 u hotelskom smještaju u naselju Vojnić. Zbog ne prevelikog turističkog razvoja na području aglomeracije Vojnić, kao i blizina veće gradske sredine, grada Karlovca, privremeni korisnici u vidu turista neće imati značajnije količine potrošnje otpadne vode u odnosu na stalno stanovništvo.

U tablici 2 su prikazane vrijednosti u turizmu.

*Tablica 2. Projekcija kretanja broja turista sa količinom godišnjim otpadnih voda*

Godina	Jed. mjere	2021	2031	2041	2051
Broj priključenih turista	Br.st.	40	40	40	40
Specifična otpadnih voda - turisti	l/tur/d	90	90	90	90
Ukupna količina otpadnih voda turista	m <sup>3</sup> /godina	1314	1314	1314	1314

### **3. DEFINIRANJE MJERODAVNIH OPTEREĆENJA**

Definiranje mjerodavnih opterećenja, koji se odnose na idejni projekt UPOV-a aglomeracije Vojnić, smatra se temeljnim vrijednostima koje će služiti za projektiranje i izgradnju svakog od uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Obzirom na nepravilan režim dotoka vodnog opterećenja mora se voditi briga o ispravnosti projektiranog rješenja i njegovoj učinkovitosti. Stoga za određene dijelove uređaja potrebno je odrediti primjerena mjerodavna opterećenja. Dijelovi koji nemaju mogućnost akumulacije dotoka dimenzioniraju se na maksimalne satne vrijednosti, dok na dijelovima gdje nije moguće ujednačiti dotok projektira se na vremenski duža vršna opterećenja. Zbog uspješnosti izgrađenog projektnog rješenja važno je što je moguće točnije definirati ulazne parametre na kojima će se temeljiti proračun.

Opterećenje koje se smatra mjerodavnim podrazumijeva sastav i količine otpadne vode koje dotječu na UPOV u nekom vremenskom intervalu. U Hrvatskoj se dimenzioniranje i proračun uređaja za pročišćavanje otpadnih voda uglavnom izvodi prema njemačkim ATV standardima.

#### **3.1. HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE**

Hidrauličko opterećenje definira količinu odnosno protok otpadne vode koja dopijeva na uređaj za pročišćavanje vode. Opterećenje izazvano na UPOV količinom otpadnih voda određuje se analizom potrošnje vode po kategorijama potrošača. Obzirom na to uz primjenu koeficijenta dobiva se podatak o količinama otpadne vode koje se upuštaju u sustav. Uz to potrebno je i kvantitativno odrediti vrijednosti otpadnih voda, odnosno potrebno je odrediti karakteristične vrijednosti protoka na dijelovima uređaja.

Za potrebe ulaznih vrijednosti proračuna analizira se tip i broj korisnika sustava javne odvodnje te se mjerodavne količine otpadne vode za područje zahvata dijele u četiri kategorije potrošača – kućanske (sanitarne i otpadne), turizam, oborinske i tuđe otpadne vode.

##### **3.1.1. Kućanske otpadne vode**

Kućanskim otpadnim vodama se smatraju vode iskorištene u kućanstvu, javnim i uslužnim ustanovama te ostalim neproizvodnim djelatnostima. Količine otpadnih voda generiranih u kućanstvu baziraju se na pretpostavci kretanja broja stanovnika pretpostavljenog za projektno razdoblje koje se tiče projekta. Analiza podataka stanovništva

pokazuje trend rasta u korištenju vode zbog poboljšanja kvalitete života stalnog stanovništva, no zbog nepovoljnog demografskog stanja u Republici Hrvatskoj i unaprjeđenju sustava javne odvodnje smanjiti će se konačni broj dotoka vode na uređaj.

Značajke javnog sustava odvodnje u izravnoj su korelaciji sa značajkama vodoopskrbnog sustava zbog čega je količina otpadnih voda proporcionalna potrošnji vode.

Iz dostupnih vrijednosti podataka i vrijednosti uzeti iz prakse i prijašnjih projekata za slične općine određena je specifična potrošnja vode. Poznajući tu vrijednost može se odrediti specifični dotok otpadnih voda (vidljivo u tablici 3) postojećeg rješenja. Može se zaključiti kako su te vrijednosti u korelaciji, no potrebno je uzeti u obzir da dio potrošene vode ne odlazi u javni sustav odvodnje aglomeracije. Evidentirano je kako se količina otpadne vode od vode potrošene iz vodoopskrbe razlikuje za 15%.

*Tablica 3. Vrijednosti potrošnje vode i dotoka na UPOV*

Vojnić - potrebe za vodom - stanovništvo	J.M.	2021	2031	2041	2051
Broj stanovnika	Br.st.	1524	1372	1303	1238
Priključenost stanovnika	%	85	90	93	95
Broj priključenih stanovnika	Br.st.	1295	1234	1212	1176
Specifična količina otpadnih voda - stalno stanovništvo	l/st/d	80	85	87	90
Ukupna količina otpadnih voda stalnih stanovnika	m <sup>3</sup> /godina	37814	38285	38487	38632
Broj priključenih turista	Br.st.	40	40	40	40
Specifična otpadnih voda - turisti	l/tur/d	90	90	90	90
Ukupna količina otpadnih voda turista	m <sup>3</sup> /godina	1314	1314	1314	1314
Ukupna količina otpadnih voda	m <sup>3</sup> /godina	39128	39599	39801	39946
Tuđe vode	%	200	150	130	10
Tuđe vode	m <sup>3</sup> /god	78256	59399	51741	3995
Tuđe vode	l/s	2	2	2	0
Ukupna količina otpadnih voda aglomeracije	m <sup>3</sup> /god	117384	98998	91542	43941

Specifični dotok otpadnih voda vrednuje se kao srednji dnevni volumen otpadne vode ispušten od strane jednog korisnika javnog sustava odvodnje. Ta vrijednost ovisi o čimbenicima poput cijeni i kvaliteti vode sustava vodoopskrbe, socijalno – ekonomskim prilikama stanovništva, sanitarno – tehnološkoj opremljenosti kućanstva, veličini i tipu naselja, itd. Obzirom da se radi o ruralnoj i socijalno – ekonomski slabije razvijenoj regiji Hrvatske usvaja se vrijednost od 90 l/stan-dan na kraju projektnog razdoblja.

Uz to, bitna vrijednost za proračun je i dinamika priključenja korisnika na mrežu odvodnje. Prema Zakonu o vodnim uslugama, korisnici su dužni priključiti svoje objekte na izgrađenu komunalnu mrežu unutar godine dana od dana obavještenja isporučitelja vodne usluge vezano za mogućnost priključenja. Iako Zakon o vodnim uslugama nalaže prethodno napisano neka od kućanstava, poglavito u manjim sredinama, ne odlučuju se na priključivanje u sustav. Takva se vrijednost u proračunu prikazuje kroz postotak priključenosti stanovništva.

Također, nužno je uzeti u proračun i vrijednost nejednolikog režima potrošnje vode što rezultira jednako tako i nejednolikom dotoku vode na UPOV. Zbog toga se za proračun koriste koeficijenti najveće dnevne i satne neravnomjernosti koji su mjera navike potrošnje vode stanovništva te su to volatilne dnevne vrijednosti. Korištenjem tih koeficijenata dobivaju se mjerodavni dotoci vode na UPOV, odnosno vrijednosti potrebne za hidrauliko dimenzioniranje uređaja. To su vrijednosti maksimalnih dnevnih i maksimalnih satnih protoka otpadnih voda. Za veličinu i podneblje za koje se projektira UPOV i mješoviti tip odvodnje otpadne vode koeficijent dnevne neravnomjernosti uzet je 1.7, a koeficijent satne neravnomjernosti uzet je 2.2.

Potrebne formule korištene za proračun su:

$$Q_{sr,dnev,stan} = Br_{st} \cdot q_{spec}$$

$$Q_{max,dnev,stan} = K_d \cdot Q_{sr,dnev,stan}$$

$$q_{max,h,stan} = K_h \cdot Q_{max,dnev,stan}$$

U tablici 4 prikazane su vrijednosti mjerodavnog hidrauličkog opterećenja otpadnim vodama iz kućanstva za projektno razdoblje.

Tablica 4. Vrijednosti mjerodavnog hidrauličkog opterećenja otpadnim vodama iz kućanstva za projektno razdoblje.

AGLOMERACIJA VOJNIĆ											
Kategorija potrošača	Opis	Broj	Suma	Priključenost	N <sub>k</sub>	q <sub>spec</sub>	Q <sub>sr,dn</sub>	K <sub>d</sub>	Q <sub>max,dn</sub>	K <sub>h</sub>	q <sub>max,h</sub>
				(%)	(/)	(l/stanovnik·d)	(m <sup>3</sup> /d)	(/)	(m <sup>3</sup> /d)	(/)	(l/s)
Stanovnici	Vojnić	1524	1524	85%	1295	90	116.55	1.7	198.135	2.2	5.05

### 3.1.2. Otpadne vode turizma

Vrijednosti korištene za proračun specifične potrošnje od turista računane su gotovo isto kao i opterećenja kućanskih otpadnih voda. Prognozirane vrijednosti i broj turista prikazani su u tablici 5 sa pripadajućim projekcijama za projektno razdoblje. Mjerodavno opterećenje računa se prema pretpostavci od maksimalno popunjenim kapacitetima.

Glavna razlika u proračunavanju opterećenja u turizmu od opterećenja od stalnog stanovništva je u specifičnoj potrošnji vode. Razlog tome je susretljivost turističkog sektora prema što boljem pružanju usluge gostima. Vrijednosti uzete za proračun u ovom projektu su 90 l/osoba·dan. Još jedna razlika kod računanja otpadne vode turizma od stalnog stanovništva je u tome da se predviđa 100%-tna priključenost turističkim kapaciteta na javni sustav odvodnje.

Tablica 5. Vrijednosti mjerodavnog hidrauličkog opterećenja otpadnim vodama od turista za projektno razdoblje.

AGLOMERACIJA VOJNIĆ											
	Opis	Broj	Suma	Priključenost	$N_k$	$q_{spec}$	$Q_{sr,dn}$	$K_d$	$Q_{max,dn}$	$K_h$	$q_{max,h}$
				(%)	(/)	(l/stanovnik·d)	(m <sup>3</sup> /d)	(/)	(m <sup>3</sup> /d)	(/)	(l/s)
Turizam	Hotel	40	/	1	40	90	3.6	1.7	6.12	2.2	0.16

### 3.1.3. Tuđe vode

Tuđe vode predstavljaju vode koje se javljaju u sustavu javne odvodnje, a ne spadaju u kućanske otpadne vode ni u otpadne vode turizma. Primjer toga su podzemne vode koje pukotinski ili kapilarno se procjeđuju kroz spojeve u sustav, oborinske vode koje dopijevaju u sustav ulijevanjem u revizijska okna te ilegalni priključci na sustav. Samu količinu tuđe vode je teško odrediti jer su zavisne o hidrologiji i hidrogeologiji područja projektiranog sustava, tipu javne odvodnje sustava, stanju i kvaliteti izvedbe kanalizacijske mreže i sl. U proračunu se one uzimaju kao postotna vrijednost ukupnog srednjeg dnevnog dotoka otpadnih voda svih kategorija.

Tuđe vode se u ovom proračunu uzimaju u obzir zbog rekonstrukcije postojećeg sustava javne odvodnje i dijela mreže koji je izveden kao razdjelni. Za proračun se predviđaju znatne vrijednosti količina otpadne vode. Obzirom da postojeće stanje nije mijenjano u većem obimu unazad više od 35 godina radi se rekonstrukcija postojećeg sustava odvodnje sa

drugačijim režimom i raspodjelom kanalizacijske mreže sa novim profilima. Rekonstrukcija postojećeg stanja javne odvodnje predviđena je drugim projektom.

Formule korištene za proračun su:

$$Q_{tuđe,Vojnić} = Q_{sr,dnev,stan} + Q_{sr,dnev,tur}$$

Tablica 6. Vrijednosti mjerodavnog hidrauličkog opterećenja otpadnim vodama od tuđih voda

Vojnić	Jed. Mjere	2021	2031	2041	2051
Srednji dnevni protok - $Q_{sr,d,st}$	m <sup>3</sup> /d	104	105	105	106
Srednji dnevni protok - $Q_{sr,d,turisti}$	m <sup>3</sup> /d	3.6	3.6	3.6	3.6
Max. Dnevni protok - $Q_{max,d,st}$	m <sup>3</sup> /d	155	157	158	159
Max. Dnevni protok - $Q_{max,d,tur}$	m <sup>3</sup> /d	5.40	5.40	5.40	5.40
Max. Dnevni protok - $Q_{max,d,st}$	l/s	1.80	1.82	1.83	1.84
Max. Dnevni protok - $Q_{max,d,tur}$	l/s	0.06	0.06	0.06	0.06
Max. Satni protok, $q_{max,h,st}$	m <sup>3</sup> /h	19.43	19.67	19.77	19.85
Max. Satni protok, $q_{max,h,tur}$	m <sup>3</sup> /h	0.68	0.68	0.68	0.68
Max. Satni protok, $q_{max,h,st}$	l/s	5.40	5.46	5.49	5.51
Max. Satni protok za turiste, $q_{max,h,tur}$	l/s	0.19	0.19	0.19	0.19

#### 3.1.4. Oborinske vode

Kod analize oborinskih voda poglavito se vodi briga za mješoviti sustav odvodnje jer na uređaj za pročišćavanje otpadne vode dolaze značajnije količine u odnosu na razdjelni sustav odvodnje. Iako je veći dio izvedenog sustava javne odvodnje aglomeracije Vojnić mješovitog tipa, u proračun se kao mjerodavno opterećenje dodaju i vrijednosti oborinske vode koje dopijevaju u sustav.

Najveća vrijednost onečišćenja oborinskim vodama u sustavu je od prvog vodnog vala koji ispire nečistoće s ulica i ostalih slivnih površina. Taj se dio uzima za kritičnu vrijednost oborinskog dotoka te se mora obavezno pročititi. Onaj oborinski dotok koji je veći od kritičnog rasterećuje se preko kišnih preljeva, s ciljem smanjenja hidrauličkog opterećenja na UPOV, ako to bude predviđeno projektom rekonstrukcije sustava javne odvodnje aglomeracije Vojnić.

Za proračun mjerodavnog dotoka otpadnih voda na UPOV koristi se slijedeća formula:

$$Q_{mjer,mj} = 2 \cdot (q_{max,h,stan} + q_{max,h,tur}) + Q_{tuđe}$$

Tablica 7. Vrijednosti mjerodavnog hidrauličkog opterećenja otpadnim vodama za UPOV

Vojnić	2021	2031	2041	2051
Ukupna količina satnih protoka otpadnih voda	5.58	5.65	5.68	<b>5.70</b>
Ukupna vrijednost satnih količina i dotoka tuđe vode	<b>8.08</b>	7.53	7.32	5.83
Mjerodavni dotok otpadnih voda na UPOV	<b>13.01</b>	13.18	13.00	11.53

### 3.2. OPTEREĆENJE OTPADNOM TVARI

Hidrauličko opterećenje koje je obrađeno u prethodnim točkama služi za dimenzioniranje objekata za mehanički predtretman i prvi stupanj pročišćavanja. Dimenzioniranje objekata drugog i trećeg stupnja pročišćavanja voda kao i uređaj za obradu mulja uzima za mjerodavno opterećenje, opterećenje otpadnom tvari. Opterećenje otpadnom tvari biološkog podrijetla definira se sastav otpadne vode i služi kao pokazatelj intenziteta zagađenosti otpadne vode. Prije ispuštanja vode na pročišćavanja u prijemnik, odnosno vodotok rijeke Radonje, otpadna voda se treba tretirati i pročititi propisno određeno zakonom i pravilnicima.

Zavisnost o porijeklu i karakteru otpadnih voda određuje količine opterećenja otpadnom tvari. Kućanske otpadne vode i otpadne vode iz turizma uzimaju se kao biološki razgradive tvari, bez toksičnih otpadnih tvari prema ekosustavima. Aglomeraciju Vojnić uzimamo kao područje u kojem ne postoji neki oblik privrede stoga se vrijednost od manjih privrednih subjekata može uzeti kao opterećenja kućanske otpadne vode. Ukoliko bi u budućnosti došlo do razvoja industrije na području aglomeracije prethodno upuštanju otpadne vode u sustav javne odvodnje postojala bi dužnost vlasnika prethodno pročititi vodu, odnosno svesti je na razine kućanske otpadne vode. Ne bi bila nužna samo kontrola kvaliteta vode nego i kvantiteta bi se trebala prilagoditi. Stoga, industrijske vode je potrebno svesti na kvantitativne vrijednosti kućanskih otpadnih voda i otpadnih voda od turista. Kao mjera se koristi vrijednost 1 ES koji pokazuje biološko opterećenje od strane jedne prosječne osobe.

Za proračun se pretpostavlja kako jedan stanovnik i jedan turist opterećuju sustav javne odvodnje jednakom količinom otpadne tvari. To se označava sa vrijednosti 1 ES što ima za posljedicu da biološko opterećenje od stanovništva se smatra jednakom vrijednošću prognoziranog broja priključenih stanovnika, dok biološkog opterećenje od turista se dobiva kao prognozirana vrijednost broja turista. Mjerodavna vrijednost opterećenja na UPOV aglomeracije Vojnić iznosi 1335 ES, 1295 ES od stalnog stanovništva te 40 ES od turista.



Tablica 8. Mjerodavno opterećenje otpadnom tvari UPOV Vojnić

Vojnić	Mjerodavno opterećenje otpadnom tvari
	[ES]
Stanovništvo	1295
Turizam	40
UKUPNO	1335

Obzirom na najveći stupanj pročišćavanja smatra se da će opterećenje na okolinu i sam vodotok biti minimalno i u najboljim mogućim zadovoljavajućim kriterijima.

#### **4. TEHNIČKI OPIS UREĐAJA**

Uređaj za pročišćavanje voda za aglomeraciju Vojnić previđa se za kapacitet 1230 ES s 3. stupnjem pročišćavanja za konvencionalni postupak s aktivnim muljem. Kapacitet predviđen za UPOV prema podacima iz 2021. godine iznosi 1335 ES, dok za period od 30 godina taj se broj smanjuje na 1176 ES. Proračun i izgradnja UPOV-a s 3. stupnjem pročišćavanja izvesti će se prema trenutnom stanju i vrijednosti od 1335 ES. Obzirom da dolazi do pada broja stanovnika, ali povećanja kvaliteta života i očuvanja prirode uređaj za pročišćavanje voda izvesti će se odjednom, u jednoj fazi.

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Vojnić predviđa se smjestiti sjeverno od naselja Vojnić na katastarskoj čestici k.č.br. 1476/1, k.o. Vojnić sa izgradnjom pristupnog puta preko katastarske čestice k.č.br. 1475/2, k.o. Vojnić. Na UPOV dolazi otpadna voda kolektorom mješovitog sustava odvodnje, odnosno dotok je od sanitarnih i otpadnih voda sa područja aglomeracije. Otpadna voda gravitacijskim cjevovodom profila DN600 dolazi na UPOV. Voda se zatim tretira na način da se kroz cjevovod profila DN300 pročisti i ispusti nakon 3. stupnja pročišćavanja u prijemnik, odnosno u rijeku Radonju koja se nalazi zapadno od UPOV-a.

Voda se na slijedeći način tretira na UPOV-u:

- GRUBA REŠETKA (prikupljanje većih nečistoća), FINA REŠETKA (prikupljanje sitnijih nečistoća), AERIRANI PJESKOLOV MASTOLOV (odvajanje pijeska i masti u posebne spremnike) – sve to čini MEHANIČKI PREDTRETMAN
- BIOAERACIJSKI REAKTOR, NAKNADNI TALOŽNIK - III. STUPANJ PROČIŠĆAVANJA
- GRAVITACIJSKI ZGUŠNJIVAČ MULJA – OBRADA I ZBRINJAVANJE MULJA

Konvencionalni postupak pročišćavanja vode aktivnim muljem spada u kategoriju bioloških postupaka pročišćavanja otpadnih voda koji koriste kisik. Temelji se na postupku samopročišćavanja. Djelovanjem čovjeka i tehnologije, stvaranje velike aktivne površine flokula aktivnog mulja, dolazi se u kratkom periodu do znatnog pročišćavanja voda. Način na koji se voda pročišćava jest uzgoj mikroorganizama i stvaranja pogodnih uvjeta za rast i razvoj istih.

Pročišćavanje vode aktivnim muljem karakteriziraju mikroorganizmi koji biološkim procesom, rastom i razvojem, pročišćavaju vode. Njihov prosperitet i sposobnost obavljanja svoje zadaće uvelike ovisi o uvjetima u kojima se nalaze. Bakterije, kao najučestaliji mikroorganizmi, uz prisustvo kisika svojim metabolizmom razgrađuju otopljene tvari u nepročišćenoj vodi iz koje one izvlače hranjive tvari koje im omogućavaju rast i razvoj. Njihova aktivnost ovisi o mnogo čimbenika, primjerice o prisustvu hranjivih tvari, temperaturi, pH vrijednosti, koncentraciji otopljenog kisika, koncentraciji toksičnih tvari. Kako bi razgradnja nepovoljnih tvari bila što učinkovitija mikroorganizmi moraju djelovati u sinergiji. Nepovoljnim, otpadnim tvari, koje za mikroorganizme predstavljaju hranu ovisi njihov rast, proizvodnja energije i održavanje stanica.

Međusobnim povezivanjem mikroorganizama i suspendiranih tvari u koncentrirane nakupine, pahuljice, nastaje aktivni mulj. Bakterije čine oko 95% ukupne biomase aktivnog mulja i odgovorne su za oksidaciju i transformaciju većine organske tvari. Suha tvar aktivnog mulja sastoji se od kompleksa organske (proteini – oko 70%) i mineralne tvari (kalcij, fosfor – 10-30%). U aktivnom mulju postoje i znatne količine ugljikohidrata i lipida. Veličina pahuljica aktivnog mulja kreće se u granicama od nekoliko stotina mikrometara. Takva struktura većinom je postojana zbog prisustva nitastih bakterija koje održavaju oblik pahuljice. Ukoliko se broj smanji ili poraste u određenoj količini smanjuje se sposobnost njihovog taloženja.

Konvencionalni postupak pročišćavanja vode s aktivnim muljem provodi uklanjanje organske tvari pomoću aerobnih mikroorganizama koji su sastavni dio ili se nalaze u pahuljici aktivnog mulja. Aeracijom suspendiranog aktivnog mulja i otpadne vode u bioreaktoru osigurava se izmjena supstrata i produkta metabolizma te potrebna količina kisika koja osigurava održivost životne aktivnosti mikroorganizama. Razdvajanje čvrste faze, odnosno aktivnog mulja, od pročišćenog izlaznog toka događa se u sekundarnom taložniku. Dio aktivnog mulja vraća se opet u proces pročišćavanja gdje ima ulogu aktivatora biološkog procesa, a ostatak aktivnog odnosno otpadnog mulja ide na daljnju obradu za to primjerenim postupcima. Uvjeti u aeracijskom bazenu moraju osigurati povoljne životne uvjete kako bi mikroorganizmi mogli obavljati sve potrebne funkcije za rast i razvoj aktivnog mulja. Produkt preobrazbe organske tvari oksidacijom, rezultira stvaranje oksidacijskih produkata kao što su nitrati, sulfati, fosfati, CO<sub>2</sub>. Sama učinkovitost obrade pročišćavanja otpadne vode konvencionalnim postupkom s aktivnim muljem ovisi o sastavu i ulaznoj koncentraciji otpadne vode.

Prednosti uređaja za konvencionalno pročišćavanje voda s aktivnim muljem su: moguća rješenja za različite veličine naselja, visoki stupanj uklanjanja ukupne suspendirane tvari i BPK5 (više od 90%), dobro uklanjanje dušika kod nitrifikacije i denitrifikacije (20 – 40%), dobro uklanjanje fosfora (20 – 30%), primjerenost za područja gdje se iziskuje veći stupanj zaštite vodotoka (recipijenta) ili podzemnih voda kada se pročišćene vode ispuštaju ispod površine.

Mane uređaja se relativno veliki troškovi investicije, velika potrošnja energije radi intenzivne aeracije, potreba za kontrolom sustava od strane osposobljene, odnosno kvalificirane, osobe za upogonjivanja uređaja, potreba za odlaganjem velikih količina otpadnog mulja.

U nastavku slijedi opisan postupak rada uređaja s aktivnim muljem te opis procesa koji se događaju za pročišćavanje otpadnih voda u takvom tipu uređaja.

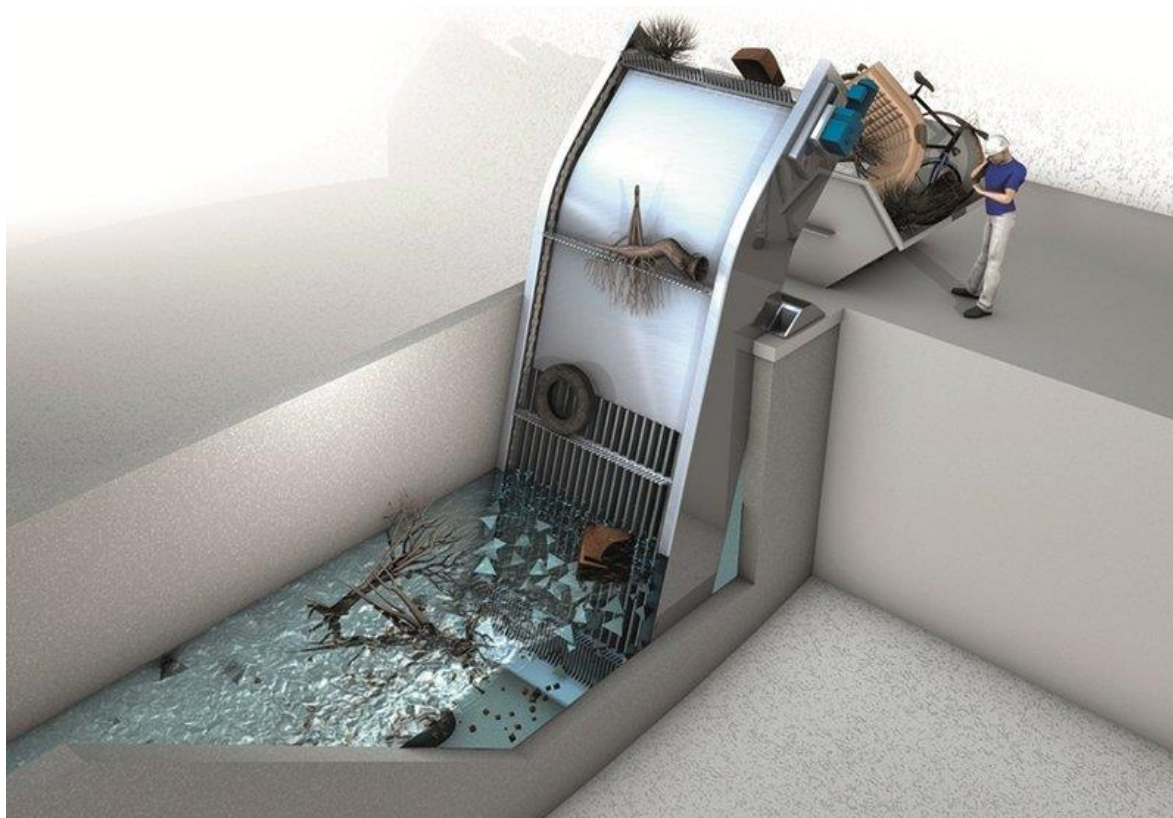
#### 4.1. MEHANIČKI PREDTRETMAN

Mehaničkim predtretmanom započinje proces pročišćavanja voda kod gotovo svih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, bez obzira o tehnologiji koju uređaj koristi. Mehanički predtretman zadužen je za uklanjanje krupnog i sitnog otpada, čestica masti i ulja te pijeska koji se nalaze u otpadnoj vodi dospjeloj na uređaj za pročišćavanje. Mehanički predtretman čine gruba i fina rešetka te aerirani pjeskolov – mastolov. Svrha rešetki jest uklanjanje predmeta većih dimenzija te krupnijih frakcija nečistoća. Smještaj rešetki je u zatvorenim i dobro prozračenim objektima zbog smanjenja neugodnih mirisa. Aerirani pjeskolov – mastolov se koristi za uklanjanje pijeska i masti te ne zahtjeva smještaj u zatvoreni objekt obzirom da je to proces u kojem se događa aeracija. Kod manjih sustava kao što je sustav predviđen za aglomeraciju Vojnić koristi se integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova.

##### 4.1.1. Gruba rešetka

Gruba rešetka je predviđena kao samostalni dio mehaničkog predtretmana. Sama gruba rešetka zahtjeva određene uvjete, potrebno je za nju urediti pravokutni kanal kroz koji će otpadna voda doticati do rešetke. Gruba rešetka je predgotovljeni uređaj od nehrđajućeg čelika s automatiziranim čišćenjem rešetki za izdvajanje većeg materijala koji se odlaže u za to predviđene spremnike smještene uz rešetku. Otpad prikupljen u spremnicima sa grube rešetke odvozi se na odlagalište komunalnog otpada.

Programski zadatkom kao smjernice za idejni projekt predviđa se izgradnja dovodnog cjevovoda PEHD DN600 do ulaza u sustav pročišćavanja otpadne vode. Cijev se ukopava ispod površine te se polaže na posteljicu od pijeska debljine 10 cm i zatrpava slojem sitnog šljunka debljine 30 cm iznad tjemena cijevi kako bi se umanjila opterećenja i osigurala sigurnost postavljene cijevi. PEHD cijev profila DN600 nakon ulaska u sustav pročišćavanja otpadne vode ulazi u pravokutni kanal od armiranog betona širine 0,30 m i nagiba 0,002 m/m' na čijem se kraju nalazi gruba rešetka. Ispred grube rešetke dubina vode iznosi 0,10 m. Šipke na gruboj rešetki debljine su 5 mm na razmaku od 20 mm jedna od druge, ukupno je potrebno 13 šipki. Zadovoljavajući uvjeti tečenja postižu se i kod 50% zapunjenosti rešetke. Gruba rešetka u kanalu služi ujedno i kao mjesto razgraničenja i prelijevanja vode u crpni bazen ulazne crpne stanice.



Slika 3. Gruba rešetka

#### 4.1.2. Ulazna crpna stanica

Između grube i fine rešetke nalazi se ulazna crpna stanica kao sastavni dio mehaničkog predtretmana. Zadaća ulazne crpne stanice je da pumpa vodu kako bi se kroz pojedine dijelove uređaja osiguralo gravitacijsko tečenje te ulijevanje efluenta u prijemnik, također pod utjecajem gravitacije. Izvedba ulazne crpne stanice predviđena je od armiranog betona

površine 6,25 m<sup>2</sup>. Smještaj crpne stanice predviđa se u zgradi gdje su smješteni ostali uređaji mehaničkog predtretmana. Obzirom da je tip sustava odvodnje aglomeracije Vojnić mješoviti te postoji razlika između oborinskog i sušnog dotoka, predviđa se instalacija jedne radne i jedne rezervne pumpe. Crpke se predviđaju kapaciteta od 16,1 l/s. Previđena crpka koja zadovoljava prethodno navedene vrijednosti je jednostupanjska, centrifugalna crpka dizajnirana za podizanje i pumpanje voda, procesnih voda i neprerađenih otpadnih voda iz javne odvodnje. Crpka je dizajnirana za rad s prekidom i stalan rad u potopljenim uvjetima ugađenosti. Ovaj tip crpke osigurava slobodan prolaz krutih tvari do 80 mm i pogodan je za otpadne vode s udjelom suhe tvari do 3%. Priključak na cjevovod predviđa se uz pomoć DIN prirubnica. Materijal izrade crpke je lijevano željezo zaštićeno zaštitnim slojevima.



Slika 4. Crpka predviđena za smještaj u crpnoj stanici

#### 4.1.3. Integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova-mastolova

Nakon grube slijedi fina rešetka koja služi za izdvajanje sitnijih oblika onečišćenja, odnosno ovaj objekt služi za mehaničko razvrstavanje sitnijih oblika prisutne suspendirane tvari. Razlog zašto postoji fina rešetka je u tome da zaostali pijesak i masnoće mogu oštetiti elektrostrojarsku opremu te druge uređaje na UPOV-u. Voda u sustav fine rešetke dopijeva pomoću crpke.

Zadaća aeriranog pjeskolova-mastolova je odvajanje čestica pijeska te prisutnih masnoća u otpadnoj vodi. Odvajanje se događa na način da se teže čestice pijeska talože na dnu uređaja, dok se lagane čestice masti i ulja nalazi se pri površini ili na površini vode. Glavnina otpadnih voda s organskim onečišćenjima odlazi na daljnju biološku obradu.

Voda na aerirani pjeskolov – mastolov dolazi sa fine rešetke. Ovaj objekt postavlja se s ciljem šticećenja elektrostrojarske opreme na način da se izbjegava nakupljanje pijeska u dijelovima uređaja gdje on ne bi trebao biti, uklanjaju se teško razgradiva masti i ulja te se osigurava bolja tranzicija kisika u aeracijskom spremniku. Upuhivanje zraka se u pjeskolov vrši radi što bolje cirkulacije vode u kanalu, dok je mastolov pregradom odvojen kako bi se mogao osiguravati miran tok vode.

Za potrebe UPOV-a aglomeracije Vojnić planira se integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova-mastolova, obzirom da takav tip je isplativije, pogodnije i lakše za ugraditi i održavati. Ovaj uređaj predstavlja kompaktnost i automatizaciju prikupljanja materijala s fine rešetke te pijeska, masti i ulja sa aeriranog pjeskolova-mastolova. Integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova-mastolova je uređaj koji se ponaša kao integrirana tehnološka jedinica koja sadrži prethodno tvornički ugrađenu bubanjsku finu rešetku i aerirani pjeskolov-mastolov. Materijal izrade uređaja je nehrđajući čelik. Integrirana jedinica takvog tipa dolazi na teren kao gotov tvornički proizvod spreman za rad. Predviđena oprema je klasirer pijeska koji odvaja čestice pijeska od čestica vode. Suhi se pijesak odlaže u za to predviđen dio uređaja koji je moguće po potrebi prazniti. Izdvojena pročišćena voda nastavlja svoj put na daljnje pročišćavanje sukladno projektiranom rješenju. Za ovakav tip UPOV-a predviđene širina integrirane linije je 161,8 cm, dužina 725 cm te visina 324,2 cm.

Početak integrirane jedinice predviđen je područje gdje se upušta sirova otpadna voda. Ona ulazi u finu bubanjsku rešetku s otvorima od 6 mm. Otpad generiran kroz taj proces na finoj rešetci se skuplja i pužnim transporterom koji se okreće u bubnju podiže otpad do mjesta ispusta. Ulja odvojena ovim procesom se iz mastolova uklanjaju motornom zapornicom.

Velika prednost ovakvog tipa rješavanja otpada iz otpadne vode je u samom prostoru koji je potreban za optimalan rad uređaja. Obzirom da zauzima manje prostora nego klasičan oblik pročišćavanja vode takvog tipa može se smjestiti u zatvoren objekt gdje je zaštićen od djelovanja atmosferilija što također štiti i pripadajuću elektrostrojarsku opremu. Kako je

UPOV aglomeracije Vojnić manjeg kapaciteta moguće je sa relativno malim hidrauličkim i biološkim opterećenjima primijeniti ovakvo rješenje kao optimalno.

Sa ovim uređajem završava mehanički predtretman te slijedi prvi stupanj pročišćavanja.



Slika 5. Integrirana linija mehaničkog predtretmana

## 4.2. TREĆI STUPANJ PROČIŠĆAVANJA

Treći stupanj pročišćavanja otpadnih voda je obrada komunalnih otpadnih voda kojim se uz drugi stupanj pročišćavanja uklanjaju fosfor i dušik do prihvatljivih mjera za okoliš u koje će voda biti ispuštena. Također se postiže smanjena koncentracija organske i suspendirane tvari ispod maksimalno dozvoljenih vrijednosti propisanih Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda. Treći stupanj pročišćavanja koristi se kod sustava kod koji je neophodno ukloniti dušik i fosfor, postojeće organske tvari, teške metale i otopljene anorganske tvari te patogene viruse i bakterije. Za potrebe izrade uređaja za pročišćavanje voda aglomeracije Vojnić koristiti će se biološki proces uklanjanja štetnih tvari iz komunalne otpadne vode, odnosno uklanjati će se dušik i fosfor.

### 4.2.1. Bioeracijski reaktor

Bioeracijski reaktor se koristi za obradu komunalnih otpadnih voda biološkim putem. Pročišćavanje se provodi na način da mikroorganizmi uz pomoć kisika razgrađuju organske



tvori u otpadnoj vodi na UPOV-u. Za pročišćavanje se koristi mehaničko upuhivanje zraka koje pospješuje dovod kisika za mikroorganizme.

Predviđen je bioeracijski reaktor sa predanoksičnom denitrifikacijom. Predanoksična denitrifikacija je proces uklanjanja nitratnih spojeva uz prisustvo kisika. Za denitrifikaciju je karakteristično da mikroorganizmi koriste ione nitrata kao zamjenu za čisti kisik. To se događa kada se potroši sav čisti kisik. Mikroorganizmi se prilagođavaju svojim metabolizmom na način da ga pripreme na male količine kisika za sve svoje vitalne aktivnosti uz istovremeno denitrificiranje nitratnih iona. Način rada takvog bioreaktora je u tome da se prvo denitrificira otpadna voda uz pomoć miješalica koji pobuđuju vodu za postizanje što efektivnijeg pročišćavanja. Nakon toga u istom bazenu koji su međusobno odijeljeni armiranobetonskim zidom slijedi nitrifikacije i upuhivanje kisika. Alternativa predanoksičnoj denitrifikaciji je postanoksična denitrifikacija koja je isto moguća za korištenje u pročišćavanju otpadnih voda.

Bioeracijski reaktor za UPOV aglomeracije Vojnić predviđen je od armiranog betona odijeljenog armiranobetonskim zidom sa prodorima za prolazak vode iz denitrificirajućeg u nitrificirajući dio bioeracijskog reaktora. Odnos između ta dva dijela je 1:4, gdje je veći dio reaktora predviđen za nitrifikaciju. Strojarska oprema koja se koristi je od nehrđajućeg čelika.

Dimenzije bioeracijskog reaktora su širina 4,5 m, dužina 8 m i visina 5 m.

#### 4.2.2. Naknadni taložnik

Naknadni taložnik je uređaj koji slijedi bioeracijski reaktor. U njega voda dolazi pročišćena do određene mjere cjevovodom. Služi za taloženje taloga koji se još nalazi u vodi te služi za uklanjanje suspendiranih čestica, organskih tvari koje nisu prethodno pročišćene. Talozjenje se događa gravitacijski tako da se talog istaloži na dnu spremnika. Nepročišćena voda ide u crpnu stanicu za aktivni mulj te se dio koji nije dovoljno pročišćen vraća natrag u bioeracijski reaktor, a dio nastavlja prema zgušnjivaču mulja.

Naknadni taložnik aglomeracije Vojnić predviđa se od armiranog betona kao nastavak na bioeracijski reaktor. Za detaljnije uklanjanje fosfora koristiti će se aluminijev (III) klorid. Bazeni za doziranje kemije nalaze se nedaleko od samog naknadnog taložnika te su povezane cjevovodom do bazena dimenzija 1x1x0,5 m u koji se upušta aluminijev (III) klorid u vodu dospjelu iz bioeracijskog reaktora. U tom bazenu postoji i miješalice koji miješa pristiglu otpadnu vodu i kemikalije.

Naknadni taložnik predviđen je da ima jednu liniju širine 4 m, duljine 14 m i visine 3,5 m.



Slika 6. Bioeracijski reaktor i naknadni taložnik

#### 4.3. OBRADA MULJA

Obrada mulja već započinje u bioeracijskom reaktoru i naknadnom taložniku u dijelovima predviđenim za taloženje i transport mulja prema mehaničkim zgušnjivačima. Cilj obrade mulja je smanjenje izlaznog volumena otpadne tvari radi što manjeg potrebnog prostora za skladištenje istog.

Generalno se otpadni mulj nastao radom UPOV-a smatra ozbiljnim tehničkim i ekonomskim problemom. Uzevši sve moguće uređaje UPOV-a, troškovi obrade i odlaganje mulja mogu nositi 40-50% vrijednosti troškova. Ukoliko ne postoji predviđeno mjesto odlaganja na UPOV-u sukladno zakonu taj se mulj mora na propisan način zbrinuti. Kod manjih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kao što je onaj aglomeracije Vojnić, preostali mulj koji se do 5 dana može skladištiti na području UPOV-a Vojnić biti će potrebno autocisternama otpremiti na veći uređaj za pročišćavanje voda, a to je UPOV grada Karlovca. Također, ukoliko za to postoji interes tržišta mulj dobiven iz UPOV moguće je koristiti u poljoprivredi, građevinskoj industriji, kao energent i slično.

Glavni zadatak koji se postavlja kod obrade mulja na UPOV-u je smanjenje volumne količine otpadne tvari radi smanjenja cijene obrade mulja dobivene iz otpadnih voda. Kod

konvencionalne metode III. stupnja pročišćavanja vode za male uređaje za pročišćavanje koristi se zgušnjivač u koji mulj dolazi crpkama iz naknadnog taložnika. U prostoru crpne stanice dio vode nastavlja put prema zgušnjivaču dok dio vode ide na ponovni tretman u bioaeracijski reaktor. Kod većih sustava obrada ne bi stala na mehaničkom zgušnjivaču nego bi se otpadni mulj dehidrirao.

Zgušnjavanje mulja se može izvršiti na mehanički i gravitacijski način. Kod mehaničkog zgušnjavanja predviđa se najčešće korištenje trakastih filter preša ili rotacijskih bubanja smještenih u zatvorenim objektima. Kod gravitacijske metode zgušnjavanja mulja, koje je predviđeno za UPOV aglomeracije Vojnić, predviđa se armirano-betonski cilindrični ili pravokutni spremnik za zgušnjavanje. Zgušnjavanjem mulja se postiže sadržaj suhe tvari u mulju od 3-7%.



Slika 7. Zgušnjivač mulja

## 4.4. DODATNI OBJEKTI

### 4.4.1. Parshallov kanal

Za mjerenje protoka otpadnih voda koristi se Parshallov kanal kod malih uređaja za pročišćavanje otpadne vode kao što je to slučaj kod UPOV-a aglomeracije Vojnić. Njegova prednost je to što se, obzirom na nepovoljne uvjete koje vladaju na UPOV-ima, eventualna onečišćenja mogu ukloniti jednostavno, a sama montaža i održavanje kanala jednostavnije je nego kod mjerenja u zatvorenim cjevovodima. Prikladan je za korištenje obzirom da postupak mjerenja protoka otpadne vode često znati biti otežan zbog sedimenata, raznih mehaničkih oštećenja, agresivnih kemikalija i slično.

Sustav mjerenja protoka Parshallovim kanalom sastoji se od hidromehaničkog profila, sustava za mjerenje razine tekućine, daljinske stanice za proračun protoka i prijenos podataka na server, sustava za napajanje uređaja i programa u koje se podaci unose.

Protok se mjeri na način da se u otvorenom kanalu mjeri nivo vode ispred Parshallovog suženja. Obzirom da je geometrija samog Parshallovog suženja poznata i nivo vode ispred suženja moguće je dobiti na taj način izračunatu vrijednost protoka u otvorenom kanalu.

Mjerenje nivoa vode predviđeno je ultrazvučnom sondom, što za prednost ima nesmetano očitavanje bezobzira na djelovanje nečistoća u vodi.

Parshallov kanal se smješta na cjevovodu pročišćene otpadne vode koja ide iz naknadnog taložnika u vodotok rijeke Radonje. Dimenzije kanala uzete su obzirom na minimalne i maksimalne vrijednosti protoka. Vrijednost koja prolazi kroz Parshallov kanal je  $Q_{\text{mjer}} = 13$  l/s. Minimalne vrijednosti protoka za odabrani kanal su  $Q_{\text{min}} = 2,808$  l/s, a maksimalne vrijednosti protoka su  $Q_{\text{max}} = 196,56$  l/s. Širina suženja Parshallovog kanala je 7,62 cm, visina je 46,7 cm, a dužina je 91,5 cm.



Slika 8. Parshallov kanal

#### 4.4.2. Biofilter

Biofilter je sve češće primjenjivan sustav kod izgradnje ili nadogradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Svrha biofiltera je poboljšanje kvalitete efluenta otpadne vode. Primjena biofiltera najčešće je kod recirkulacijskih sustava poput onog predviđenog za aglomeraciju Vojnić.

Osnovni princip rada biofiltera je biološka razgradnja onečišćujućih tvari koju provode mikroorganizmi vezani na filtracijski sustav. Procesi biofiltracije su uglavnom aerobni, mikroorganizmi trebaju kisik za svoj metabolizam. Opskrba kisikom se odvija prirodnim tokom zraka kroz medij. Koristi se za uklanjanje organske tvari.

Biofilter se predviđa postaviti izvan zgrade pročišćavanja voda obzirom da je potrebno osigurati velike količine zraka sa nesmetan i pravilan rad. Dimenzije su predviđene da zadovolje količinu od 1 m<sup>3</sup> spremnika.

#### 4.4.3. Soba za skladištenje i doziranje kemikalija

Za odabrani sustav pročišćavanja otpadnih voda potrebno je provesti biološku nitrifikaciju i denitrifikaciju. Obzirom na to još jedan potreban uređaj je onaj za doziranje kemikalija za pročišćavanje voda od fosfora i dušika. Dušik isparava nakon postupka

denitrifikacija dok se fosfor uklanja kemijskom sedimentacijom. Kemijsko uklanjanje fosfora dodavanjem soli željeza ili aluminija kako bi se postiglo taloženje. Postupak uklanjanja biomasom nije dostatan za III. stupanj pročišćavanja vode stoga se dodaju soli željeza ili aluminija kako bi se potaklo učinkovitije pročišćavanje vode od fosfora. Nedostatak tog načina pročišćavanja je proizvodnja velike količine mulja za koju se mora predvidjeti smještaj na UPOV-u. Kemijsko uklanjanje fosfora povećava stupanj uklanjanja BPK. Kod biološkog uklanjanja fosfor je ugrađen u efluentu otpadne vode kroz biomasu koja se izdvaja iz procesa kao rezultat degradacije mulja. Izvedba reaktora omogućava nakupljanje PAO organizama. Oni potiču rast i korištenje fosfora.

Za UPOV aglomeracije Vojnić predviđa se smještaj soba u neposrednoj blizini građevina u kojoj je smještena glavna uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Odabrana kemikalija za pročišćavanje otpadne vode koristiti će se aluminijev (III) klorid. Kemikalije će se propisno dozirati u bazen sa miješalicom u naknadnom taložniku koje će se transportirati cijevovodom iz soba za skladištenje i doziranje kemikalija. Kako je uređaj za pročišćavanje voda manjeg kapaciteta ne postoji anaerobni selektor prije bioeracijskog reaktora. Stoga, jedina opcija dostatnog pročišćavanja za III. stupanj otpadnih voda je dodavanje kemikalija, aluminijevog (III) klorida, u naknadni taložnik kod pročišćavanja vode.

#### 4.4.4. Kompresorska soba

Predviđa se izgradnja kompresorske sobe za upuhivanje zraka na uređaje. Smještaj se predviđa u prostoriji neposredno uz glavnu svih građevine zaduženih za pročišćavanje otpadnih voda. Predviđa se jedna kompresorska stanica za integriranu liniju aeriranog pjeskolova – mastolova te jedna kompresorska stanica za prostor bioeracijskog reaktora i naknadnog taložnika.

## 5. HIDRAULIČKI I TEHNOLOŠKI PRORAČUN UREĐAJA

### 5.1. TEHNOLOŠKI PRORAČUN

#### 5.1.1. Gruba rešetka

Gruba rešetka se proračunava kao klasični oblik pravokutnog armiranobetonskog kanala za mjerodavno opterećenje  $Q_{mjer} = 0,013$  l/s. Kao mjerodavnu širinu kanala zbog praktičnosti i dostupnosti na tržištu uzima se vrijednost od 0,3 m, čime je ujedno i zadovoljena vrijednost odnosa H/B.

Vrijednost visine vodnog lica u kanalu se određuje iterativnim postupkom. Potrebno je odrediti proračunski i brzine vode uzvodno i brzine nizvodno odnosno brzinu tečenja na samoj rešetki korištenjem Manningove jednadžbe i jednadžbe kontinuiteta. Brzina koja se mora zadovoljiti uzvodno iznosi  $v > 0,4$  m/s, brzina na rešetki mora zadovoljiti uvjet od  $v < 1,2$  m/s. Ujedno mora zadovoljiti i brzinu prilikom zapunjenosti rešetke od 50%, a to je vrijednost brzine  $v < 1,6$  m/s. Određuje se i pad vodnog lica na istome. Broj šipki koje je potrebno imati na gruboj rešetki je 13 na razmaku od 20 mm. Debljina šipki je 5 mm. Proračun je rađen kako je prikazano u tablici 9.

Tablica 9. Proračun grube rešetke

GRUBA REŠETKA			
1 linija			
Oznaka	Opis	Vrijednost	Jedinica
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	0.013	m <sup>3</sup> /s
n	Manningov koeficijent	0.015	m <sup>-1/3</sup> /s
I	pad dna kanala	0.002	m/m
b	širina dna kanala	0.30	m
$h_{pret}$	pretpostavljena dubina	0.096	m
$Q_{rač}$	računski protok	0.013	m <sup>3</sup> /s
H/B	odnos dubine i širine kanala	0.32	1
A	površina protjecajnog presjeka	0.03	m <sup>2</sup>
O	omogućeni obod	0.49	m
R	hidraulički radijus	0.06	m
$h_{usvojeno}$	usvojena dubina	0.10	m
s	debljina šipke rešetke	5.00	mm
e	razmak između šipki	20.00	mm
$n_{šipki,rač}$	proračunati broj šipki na rešetki	12.80	1

$n_{\text{šipki,usv}}$	usvojeni broj šipki na rešetki	13.00	1
$n_{\text{otvora}}$	broj otvora između šipki	12.00	1
$v_u$	brzina tečenja uzvodno u kanalu	0.45	m/s
$v_b$	brzina tečenja na rešetki	0.55	m/s

$\Delta h$	pad vodnog lica na čistoj rešetki	0.0070	m
$x$	zapunjenost rešetke	50.00	%
$v_{bx}$	brzina tečenja na zapunjenoj rešetki	1.09	m/s
$\Delta h_{\text{zapunjeno}}$	pad vodnog lica na zapunjenoj rešetki	0.084	m

### 5.1.2. Integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova

Obzirom na malo opterećenje u ES moguća je ugradnja integrirane linije fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova. Odabir se vrši prema traženim parametrima. Izvedba integrirane linije je od nehrđajućeg čelika predgotovljenih dimenzija. Proračunava se kao klasični pravokutni predgotovljeni uređaj sa ugrađenom finom rešetkom i aeriranim pjeskolovom – mastolovom za mjerodavno opterećenje  $Q_{\text{mjer}} = 0,013$  l/s. Kao mjerodavnu širinu kanala zbog praktičnosti i dostupnosti na tržištu uzima se vrijednost od 1,62 m.

Vrijednost visine vodnog lica u kanalu se određuje iterativnim postupkom. Potrebno je odrediti proračunski i brzine vode uzvodno i brzine nizvodno odnosno brzinu tečenja na samoj rešetki korištenjem Manningove jednadžbe i jednadžbe kontinuiteta. Brzina koja se mora zadovoljiti uzvodno iznosi  $1,0 > v > 0,6$  m/s.

Aerirani pjeskolov – mastolov se proračunava kao dio integrirane linije već postojećih dimenzija za mjerodavno opterećenje od  $Q_{\text{mjer}} = 13$  l/s.

Broj linija koji se koristi za pročišćavanje otpadne vode aglomeracije Vojnić iznosi jedna linija prikladna mješovitom tipu javne odvodnje.

Dimenzije linije dobivene proračunom su širina 1,62 m, dužina 7,25 m i visina 3,24 m. Uz ove kriterije potrebno je i zadovoljiti kriterij maksimalne brzine prema jednadžbi kontinuiteta,  $v_{\text{max}} = 0,1$  m/s. Proračun integrirane linije fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova aglomeracije Vojnić zadovoljava sve navedene kriterije. Proračun je rađen sukladno tablici 10.



Tablica 10. Proračun integrirane linije fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova

<b>INTEGRIRANA LINIJA FINE REŠETKE I AERIRANOG PJESKOLOVA - MASTOLOVA</b>			
<b>1 linija</b>			
<b>Oznaka</b>	<b>Opis</b>	<b>Vrijednost</b>	<b>Jedinica</b>
<b>Fina rešetka</b>			
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	0.013	$m^3/s$
$n$	Manningov koeficijent	0.015	$m^{-1/3}/s$
$h_{usvojeno}$	usvojena dubina uzvodno od rešetke	0.070	m
$v_u$	brzina tečenja uzvodno u kanalu	0.620	m/s
$C$	koeficijent protoka	0.60	1
$k_{ef}$	koeficijent potopljenosti	0.40	1
$\Delta h_{čista reš}$	pad vodnog lica na čistoj rešetki	0.321	m
$A_{eff}$	efektivna površina uronjene r	0.008	$m^2$
<b>Aerirani pjeskolov - mastolov</b>			
-	sustav odvodnje	MJEŠOVITI	
ES	ekvivalent stanovnik	1335	[1]
$Q_{mjer}$	mjerodavni dotok	13	[l/s]
$Q_{mjer}$	mjerodavni dotok	0.013	[ $m^3/s$ ]
$t_z$	vrijeme zadržavanja	6	min
$V_{potrebni}$	potrebni volumen	4.55	$m^3$
$n$	broj linija	1	1
$v$	brzina	0.011	m/s
$q_{pijeska, spec}$	jedinična količina pijeska	8	l/ESgod
$Q_{pijeska}$	godišnja količina pijeska	10.68	$m^3/god$
$q_{zrak, spec}$	specifična potrošnja zraka	1.2	$Nm^3/m^3h$
$H_z$	dubina aeracijskih tijela	0.84	m
$Q_{zraka}$	potrošnja zraka	14.4	$m^3/h$

Tablica 11. Odabrana integrirana linija fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova

<b>INTEGRIRANA LINIJA FINE REŠETKE I AERIRANOG PJESKOLOVA - MASTOLOVA</b>		
<b>1 linija</b>		
<b>Opis</b>	<b>Vrijednost</b>	<b>Jedinica</b>
<b>Fina rešetka</b>		
Materijal fine rešetke	Nehrdajući čelik	kom
Tip fine rešetke	Bubanjska	kom
Kapacitet fine rešetke	20	l/s
Promjer bubanjske fine rešetke	400	mm
Veličina otvora na finoj rešetki	6	mm
Instalirana snaga	1	kW

<b>Aerirani pjeskolov-mastolov</b>		
Aerirani pjeskolov-mastolov	1	kom
Materijal aeriranog pjeskolova-mastolova	Nehrđajući čelik	kom
Širina	1	m
Dubina	2	m
Dužina	5	m
<b>Transporter pijeska - pužni</b>		
Transporter pijeska - pužni	1	kom
Instalirana snaga	0.40	kW
<b>Kompresor zraka</b>		
Kapacitet kompresora	30	Nm <sup>3</sup> /h
Instalirana snaga	1	kW
<b>Crpka za masti i ulja</b>		
Crpka za masti i ulja	1	kom
Kapacitet crpke	0.5	l/s
Manometarska visina dizanja	3	m
Instalirana snaga	0.75	kW

### 5.1.3. Bioeracijski reaktor

Bioeracijski reaktor je dimenzionira prema prethodno poznatim vrijednostima. Dimenzionira se za dotok vode od  $Q_{mjer} = 13$  l/s i  $Q_{sr,dn} = 312$  m<sup>3</sup>/d. Opterećenje u ES iznosi 1335, a temperatura obzirom da se radi o kontinentalnoj Hrvatskoj se uzima 12°C.

Proračun se bazira na određivanju potrebnih dimenzija bioeracijskog reaktora u kojem se vrši denitrifikacija i nitrifikacija, odnosno uklanjanje fosfora i dušika iz dospjele otpadne vode. Učinkovitost uklanjanja BPK5 za III. stupanj pročišćavanja se uzima 0,3, a vrijednost učinkovitosti uklanjanja TSS-a za III. stupanj pročišćavanja otpadnih voda iznosi 0,65. Iskazane vrijednosti mjerodavnih masenih dotoka BPK5 i TSS prikazani su u tablici 12.

Bioeracijski reaktor predviđa se izgraditi pravokutnog oblika od armiranog betona. Dimenzije dobivene proračunom koje će se koristiti za izgradnju potrebnog uređaja su širina 4,5 m, dužina 8 m i visina 5 m. Broj linija bioeracijskog reaktora je jedna linija podijeljena u omjeru 1:4 između denitrificirajućeg i nitrificirajućeg dijela bioeracijskog reaktora odijeljenog armirano betonskim zidom. Sve dobiveno prema slijedećem proračunu vidljivom u tablici 12.

Tablica 12. Proračun bioaeracijskog reaktora

<b>BIOAERACIJSKI REAKTOR</b>			
<b>1 LINIJA</b>			
<b>PRAVOKUTNI POPREČNI PRESJEK</b>			
<b>Oznaka</b>	<b>Opis</b>	<b>Vrijednost</b>	<b>Jedinica</b>
S	ekvivalent stanovnik	1335	ES
T	temperatura	12	°C
UC <sub>BPK5</sub>	učinkovitost uklanjanja BPK5 na 1. stupnju	0.3	1
UC <sub>TSS</sub>	učinkovitost uklanjanja TSS na 1. stupnju	0.65	1
Q <sub>mjer</sub>	mjerodavni dotok	12.63	l/s
Q <sub>mjer</sub>	mjerodavni dotok	45.46	m <sup>3</sup> /h
Q <sub>sr,dn</sub>	srednji dnevni dotok	312.39	m <sup>3</sup> /d
MD <sub>BPK5,sir</sub>	maseni dotok BPK5	80.10	kgBPK5/d
C <sub>BPK5,sir</sub>	koncentracija BPK5	256.41	mg/l
MD <sub>TSS,sir</sub>	maseni dotok TSS	93.45	kgTSS/d
C <sub>TSS,sir</sub>	koncentracija TSS	299.15	mg/l
MD <sub>BPK5,mjer</sub>	mjerodavni maseni dotok BPK5	56.07	kgBPK5/d
MD <sub>TSS,mjer</sub>	mjerodavni maseni dotok TSS	32.71	kgTSS/d
C <sub>TN,mjer</sub>	koncentracija ukupnog dušika nakon prvog stupnja pročišćavanja	39	mg/l
C <sub>TP,mjer</sub>	koncentracija ukupnog fosfora nakon prvog stupnja pročišćavanja	7.13	mg/l
KM <sub>BAR</sub>	koncentracija mulja u bioaeracijskom reaktoru	3.78	kgMLSS/m <sup>3</sup>
SF	sigurnosni faktor	1.625	1
C <sub>org,N</sub>	koncentracija dušika u pročišćenoj vodi	2	mg/l
C <sub>NH4</sub>	koncentracija amonijaka u pročišćenoj vodi	0	mg/l
C <sub>anorg,N,ES</sub>	koncentracija dušika u pročišćenoj vodi	15	mg/l
C <sub>NO3,ES</sub>	koncentracija nitrata	12	mg/l
C <sub>org,N,BM</sub>	koncentracija dušika u aktivnom mulju	8.1	mg/l
C <sub>NO3,D</sub>	koncentracija nitrata za denitrifikaciju	16.9	mg/l
C <sub>NO3,D</sub> /C <sub>BPK5</sub>	omjer koncentracije nitrata za denitrifikaciju i koncentracije biološke potrošnje kisika	0.1	1

$V_D/V_{BAR}$	omjer volumena spremnika za denitrifikaciju i volumena bioeracijskog reaktora (očitano)	0.2	1
SM	starost mulja	14.83	d
$PM_{d,C}$	proizvodnja mulja u bioeracijskom reaktoru	39.08	kgMLSS/d
$f_T$	temperaturni faktor	0.81	1
$PM_{d,P}$	proizvodnja mulja uklanjanjem fosfora	4.60	kgMLSS/d
$PM_{d,uk}$	ukupna dnevna proizvodnja mulja	43.68	kgMLSS/d
$C_{p,bioP}$	fosfor uklonjen biološkim putem	1.79	mg/l
$C_{P,max,zakon}$	maksimalna dozvoljena koncentracija fosfora u pročišćenoj vodi prema zakonu	2	mg/l
$C_{P,EST}$	koncentracija fosfora u pročišćenoj vodi	2	mg/l
$C_{P,BM}$	koncentracija fosfora u aktivnom mulju	1.79	mg/l
$C_{P,ER}$	koncentracija fosfora u BAR	1.4	mg/l
$C_{P,prec}$	koncentracija fosfora uklonjena precipitacijom	2.14	mg/l
$C_{prec,P,Fe}$	količina potrebnog željeza	5.78	mg/l
$C_{prec,P,Al}$	količina potrebnog aluminija	2.78	mg/l
ODABRANO: ALUMINIJ		2.78	mg/l
SPM	specifična proizvodnja mulja	0.63	kgMLSS/kgBPK5
F/M	odnos hrane i mikroorganizama	0.06	kgBPK5/kgMLSSd
$V_{BAR,min}$	minimalni potreban volumen BAR-a	171.35	m <sup>3</sup>
H	visina	5	m
B	širina	4.5	m
L	dužina	8	m
$V_{BAR,mjer}$	mjerodavni volumen BAR-a	180	m <sup>3</sup>
n	broj linija	1	1

#### 5.1.4. Naknadni taložnik

Naknadni taložnik se predviđa nakon bioeracijskog reaktora. Spoj između BAR-a i naknadnog taložnika je sa cijevi koja dolazi u zajednički bazen sa kemikalijama koje pospješuju pročišćavanje otpadne vode dostatne za III. stupanj. Predviđena kemikalije je aluminijev (III) klorid. Zatim slijedi miješanje i daljnje pročišćavanje otpadne vode. Nakon tretmana vode ona odlazi u crpni bazen gdje jedan dio ide na bioeracijski reaktor, a dio odlazi na gravitacijski zgušnjivač mulja.

Vrijeme zadržavanja u naknadnom taložniku previđeno je 2 sata uz volumni indeks mulja od 100 l/kg. Opterećenje krutinama je 315 m<sup>3</sup>/h.

Predviđa se izgradnja pravokutnog armirano betonskog naknadnog taložnika sa jednom linijom pročišćavanja vode. Potrebna površina za prihvatljivo pročišćavanje vode iznosi 68,94 m<sup>2</sup>. Kao mjerodavna površina linije naknadnog taložnika uzeta je 70,4 m<sup>2</sup>, odnosno dimenzije naknadnog taložnika su širina 4 m, dužina 14 m i visina je 3,5 m. Ostale vrijednosti prikazane su u tablici 13. korištene za proračun linije naknadnog taložnika.

Tablica 13. Proračun naknadnog taložnika

NAKNADNI TALOŽNIK			
1 LINIJA			
t	vrijeme	2	h
SVI	volumni indeks mulja	100	l/kg
KM <sub>NT</sub>	koncentracija mulja na dnu naknadnog taložnika	12.60	kgMLSS/m <sup>3</sup>
KM <sub>PM</sub>	koncentracija mulja u povratnom toku	8.82	kgMLSS/m <sup>4</sup>
RS=OPM	odnos povratnog mulja	0.75	1
Q <sub>PM</sub>	protok povratnog mulja	34.09	m <sup>3</sup> /h
Q <sub>cr,PM</sub>	protok crpljenja povratnog mulja	51.14	m <sup>3</sup> /h
q <sub>sv</sub>	opterećenje krutinama	315	m <sup>2</sup> h
HPO=q <sub>A</sub>	hidrauličko površinsko opterećenje	0.83	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
KM <sub>BAR</sub> = MLSS	koncentracija mulja u biološkom reaktoru	3.78	kgMLSS/m <sup>3</sup>
DSV	razrijeđeni volumen mulja	377.98	l/m <sup>3</sup>
A <sub>korisno</sub>	korisna površina	54.54	m <sup>2</sup>
POM	površinsko opterećenje mulja	3.15	kgMLSS/m <sup>2</sup> h
l <sub>turbulencije</sub>	duljina turbulencije	3.6	m
A <sub>turbulencije</sub>	površina turbulencije	14.4	m <sup>2</sup>
A <sub>ukupno</sub>	ukupna površina	68.94	m <sup>2</sup>
h <sub>1</sub>	zona bistrenja	0.5	m
h <sub>2</sub>	zona odvajanja	1.17	m
h <sub>3</sub>	zona skupljanja	0.50	m

$h_4$	zona zgrušavanja	0.88	m
$h_{ukupno}$	ukupna visina	3.04	m
$h_{usvojeno}$	usvojena visina	3.5	m
$n$	broj paralelnih linija	1	1
$A_{ukupno,linije}$	ukupna površina linije	68.94	m <sup>2</sup>
$B$	širina	4	m
$L$	duljina	13.64	m
$L_{od}$	odabrana duljina	14	m
$A_{korisno,linije}$	korisna površina linije	56	m <sup>2</sup>
$A_{ukupno,linije}$	ukupna površina linije	70.4	m <sup>2</sup>

#### 5.1.5. Zgušnjivač mulja

Previđeni zgušnjivač mulja za UPOV aglomeracije Vojnić je gravitacijski zgušnjivač mulja. U njega gravitacijski dolazi mulj koji se u njemu taloži te odvozi na veći uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Predviđena su dva zgušnjivača mulja, jedan klasični gravitacijski koji se koristi svakodnevno, te jedan zgušnjivač mulja koji će se koristiti kao petodnevni spremnik mulja.

Zgušnjivač je predviđen opterećenja za 1335 ES sa srednjim dnevnim dotok od 312,39 m<sup>3</sup>/d.

Konstrukcija gravitacijskog zgušnjivača mulja izvesti će se kružnog poprečnog presjeka od armiranog betona promjera 2 m. Jedan će biti dubine 3,5 m, a drugi zgušnjivač mulja biti će dubine 4,5 m.

Tablica 14. Proračun gravitacijskog zgušnjivača mulja

<b>ZGUŠNJVIVAČ MULJA</b>			
<b>GRAVITACIJSKI</b>			
<b>Oznaka</b>	<b>Opis</b>	<b>Vrijednost</b>	<b>Jedinica</b>
SM	ekvivalent stanovnici	1335	ES
$Q_{sr,dn}$	srednji dnevni dotok	312.39	m <sup>3</sup> /d
T	temperatura	12	C
$M_{asM_{PT}}$	izdvojena masa mulja nakon PT	20	kgST/d
$K_{M_{PT}}$	koncentracija mulja u prethodnom taložniku	0	kgST/m <sup>3</sup>

		0	%ST
SM	starost mulja	14.83	d
MasM <sub>NT</sub>	izdvojena masa mulja nakon NT	39.08	kgST/d
KM <sub>PM</sub>	koncentracija mulja u povratnom toku	8.82	kgST/m <sup>3</sup>
		0.88	%ST
q <sub>spec,NT</sub>	specifična težina mulja iz naknadnog taložnika	1.005	-
KolM <sub>PT</sub>	količina mulja iz prethodnog taložnika	8.82	m <sup>3</sup> /d
KolM <sub>NT</sub>	količina mulja iz naknadnog taložnika	12.6	m <sup>3</sup> /d
KolM <sub>uk</sub>	ukupna količina mulja u procesu zgrušavanja	21.42	m <sup>3</sup> /d
MaM <sub>uk</sub>	ukupna količina mulja u procesu zgrušavanja	59.08	kgST/d
KM <sub>uk</sub>	koncentracija ukupnog pomiješanog mulja	2.76	kgST/m <sup>3</sup>
KM <sub>zguš</sub>	očekivana koncentracija	30	kgST/m <sup>3</sup>
		3	%ST
q <sub>spec,zguš</sub>	specifična težina zgusnutog mulja	1.05	-
POZM	Površinsko opterećenje zgusnutog mulja	30	kgST/m <sup>2</sup> d
		3	%ST
KolM <sub>zguš</sub>	Količina zgusnutog mulja	1.88	m <sup>3</sup> /d
Q <sub>mjer,mulj</sub>	mjerodavni protok procjedne vode	19.54	m <sup>3</sup> /d
A <sub>zguš</sub>	površina zgušnjivača	1.97	m <sup>2</sup>
D	promjer zgušnjivača	1.58	m
n	broj linija	1	-
A <sub>zguš,linije</sub>	površina linije	1.97	
D	promjer zgušnjivača svake linije	1.58	
D <sub>usv</sub>	usvojeni promjer	2	m
A <sub>usv</sub>	usvojena površina linije	3.14	
H <sub>tal</sub>	dubina taloženja	2.5	m
H <sub>ret</sub>	dubina retencije	0.60	m
H <sub>ret,usv</sub>	usvojena dubina retencije	1	m
t <sub>tal</sub>	vrijeme taloženja	24	h
H <sub>zguš</sub>	dubina zgušnjavanja	3.5	m
H <sub>zguš,usv</sub>	usvojena dubina zgušnjavanja	3.5	m

Tablica 15. Proračun spremnika mulja

<b>ZGUŠNJIVAČ MULJA</b>			
<b>SPREMNIK</b>			
<b>Oznaka</b>	<b>Opis</b>	<b>Vrijednost</b>	<b>Jedinica</b>
SM	ekvivalent stanovnici	1335	ES
$Q_{sr,dn}$	srednji dnevni dotok	312.39	m <sup>3</sup> /d
T	temperatura	12	C
MasM <sub>PT</sub>	izdvojena masa mulja nakon PT	20	kgST/d
KM <sub>PT</sub>	koncentracija mulja u prethodnom taložniku	0	kgST/m <sup>3</sup>
		0	%ST
SM	starost mulja	14.83	d
MasM <sub>NT</sub>	izdvojena masa mulja nakon NT	39.08	kgST/d
KM <sub>PM</sub>	koncentracija mulja u povratnom toku	8.82	kgST/m <sup>3</sup>
		0.88	%ST
$q_{spec,NT}$	specifična težina mulja iz naknadnog taložnika	1.005	-
KolM <sub>PT</sub>	količina mulja iz prethodnog taložnika	8.82	m <sup>3</sup> /d
KolM <sub>NT</sub>	količina mulja iz naknadnog taložnika	12.6	m <sup>3</sup> /d
KolM <sub>uk</sub>	ukupna količina mulja u procesu zgrušavanja	21.42	m <sup>3</sup> /d
MaM <sub>uk</sub>	ukupna količina mulja u procesu zgrušavanja	59.08	kgST/d
KM <sub>uk</sub>	koncentracija ukupnog pomiješanog mulja	2.76	kgST/m <sup>3</sup>
KM <sub>zguš</sub>	očekivana koncentracija	30	kgST/m <sup>3</sup>
		3	%ST
$q_{spec,zguš}$	specifična težina zgusnutog mulja	1.05	-
POZM	Površinsko opterećenje zgusnutog mulja	30	kgST/m <sup>2</sup> d
		3	%ST
KolM <sub>zguš</sub>	Količina zgusnutog mulja	1.88	m <sup>3</sup> /d
$Q_{mjer,mulj}$	mjerodavni protok procjedne vode	19.54	m <sup>3</sup> /d
A <sub>zguš</sub>	površina zgušnjivača	1.97	m <sup>2</sup>
D	promjer zgušnjivača	1.58	m
n	broj linija	1	-
A <sub>zguš,linije</sub>	površina linije	1.97	
D	promjer zgušnjivača svake linije	1.58	
D <sub>usv</sub>	usvojeni promjer	2	m
A <sub>usv</sub>	usvojena površina linije	3.14	
H <sub>tal</sub>	dubina taloženja	2.5	m



$H_{ret}$	dubina retencije	2.98	m
$H_{ret,usv}$	usvojena dubina retencije	3	m
$t_{tal}$	vrijeme taloženja	120	h
$H_{zguš}$	dubina zgušnjavanja	4.5	m
$H_{zguš,usv}$	usvojena dubina zgušnjavanja	4.5	m

## 5.2. HIDRAULIČKI PRORAČUN

Kako bi bilo moguće što optimalnije i točnije funkcioniranje sustava pročišćavanja otpadne vode UPOV-a aglomeracije Vojnić potrebno je napraviti hidrauličko dimenzioniranje linije vode i linije mulja. Proračuni su napravljeni u programu Excel i FlowMaster. Mjerodavna opterećenja korištena za dimenzioniranje UPOV-a aglomeracije Vojnić prikazano je u tablici 16. Osnovni izrazi korišteni za hidraulički proračun su jednadžba kontinuiteta preko Chezy-Manningove jednadžbe.

Hidraulički proračun je proračunat na način da se pretpostavilo tečenje sa slobodnim vodnim licem na kanalima te proračun tečenja pod tlakom obzirom da postoje dijelovi koji moraju imati 100%-tnu ispunjenost vodom. Bernoullijeva jednadžba se koristi kod stacionarnog tečenja. Linijski gubici koje se javljaju duž UPOV proračunavate su Darcy-Weisbachovom jednadžbom. Konačne vrijednosti hidrauličkih gubitaka dobivene su kao zbroj linijskih i lokalnih gubitaka, te gdje je postojalo tečenje pod tlakom pribrojala bi se i vrijednost geodetske visine. Na taj način dobila bi se konačna razlika odnosno manometarska visina dizanja vode u crpkama.

Ideja proračuna je prikaz rezultata hidrauličkog proračuna svih objekata na način da se započne sa najuzvodnijim i ide prema najnižvodnijem uređaju za tu liniju. Proračunate su zasebno vrijednosti za liniju vode i liniju mulja.

Tablica 16. Vrijednosti mjerodavnih opterećenja za UPOV aglomeracije Vojnić

ULAZNI PARAMETRI			
Oznaka	Opis	Vrijednost	Jedinica
$Q_{sr,dn}$	srednji dnevni dotok	312	$m^3/d$
		4	l/s
$Q_{kišno,mjer}$	mjerodavni kišni dotok	116.55	l/s
		0.11655	$m^3/s$
$Q_{sušno,mjer}$	mjerodavni sušni dotok	5.7	l/s
		0.0057	$m^3/s$
S	kapacitet uređaja	1335	ES

### 5.2.1. Linija vode

Otpadna komunalna voda dolazi na uređaj kroz preljevnu građevinu sa promjerom cijevi DN600, a na kanal grube rešetke dolazi sa cijevi DN300 prelazeći u pravokutni otvoreni kanal sa tečenjem sa slobodnim vodnim licem. Proračun dovodnog kanala sa grubom rešetkom prikazan je u tablici 17.

Tablica 17. Hidraulički proračun dovodnog kanala na grubu rešetku

GRUBA REŠETKA			
1 linija			
Oznaka	Opis	Vrijednost	Jedinica
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	0.013	$m^3/s$
n	Manningov koeficijent	0.015	$m^{-1/3}/s$
I	pad dna kanala	0.002	m/m
b	širina dna kanala	0.30	m
$h_{pret}$	pretpostavljena dubina	0.096	m
$Q_{rač}$	računski protok	0.013	$m^3/s$
H/B	odnos dubine i širine kanala	0.32	1
A	površina protjecajnog presjeka	0.03	$m^2$
O	omogućeni obod	0.49	m
R	hidraulički radijus	0.06	m
$h_{usvojeno}$	usvojena dubina	0.10	m
s	debljina šipke rešetke	5.00	mm
e	razmak između šipki	20.00	mm
$n_{šipki,rač}$	proračunati broj šipki na rešetki	12.80	1
$n_{šipki,usv}$	usvojeni broj šipki na rešetki	13.00	1
$n_{otvora}$	broj otvora između šipki	12.00	1
$v_u$	brzina tečenja uzvodno u kanalu	0.45	m/s
$v_b$	brzina tečenja na rešetki	0.55	m/s

$\Delta h$	pad vodnog lica na čistoj rešetki	0.0070	m
x	zapunjenost rešetke	50.00	%
$v_{bx}$	brzina tečenja na zapunjenoj rešetki	1.09	m/s
$\Delta h_{zapunjeno}$	pad vodnog lica na zapunjenoj rešetki	0.084	m

Tok otpadne vode nakon što prođe grubu rešetku nastavlja put prema crpnom bazenu. U crpni bazen se ulijeva voda te se crpkama transportira na daljnji tretman pročišćavanja

otpadne vode. Unutar crpnog bazena smještene su dvije crpke od koji je jedna rezervna, a jedna radna. Zbog malog opterećenja dotoka otpadnom vodom na uređaj nije bilo potrebno predvidjeti od jedne radne pumpe za ovaj uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Darcy – Weisbachovom jednadžbom definirani su linijski gubici u cijevima. Odabrane crpke su svaka kapaciteta 16,1 l/s sa manometarskom visinom dizanja od 8,066 m. Hidraulički proračun crpne stanice prikazan je u tablici 18.

Tablica 18. Vrijednosti hidrauličkog proračuna crpne stanice

ULAZNA CRPNA STANICA			
DN	promjer cijevi	125	mm
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	13	l/s
n	broj crpki	1	1
$Q_{mjer,crpka}$	mjerodavni protok crpke	13	l/s
L	duljina tlačnog cjevovoda	9.22	m
v	brzina tečenja	0.62	m/s
$\zeta_{lok}$	koeficijent lokalnih gubitaka	8.1	1
$\Delta H_{linijski}$	linijski gubici - proračunati u softwareu	0.06	m
$\Delta H_{lokalni}$	lokalni gubici	0.16	m
$\Delta H_{ukupno}$	ukupni gubici	0.22	m
$H_{geo}$	geodetska visina dizanja	5.80	m
$H_{man}$	manometarska visina dizanja	6.02	m
CRPNI BAZEN			
n	broj paljenja u satu	6	1
$V_r$	radni volumen crpnog bazena	1.95	m <sup>3</sup>
A	tlocrtna površina	6.25	m <sup>2</sup>
$\Delta H_r$	radna visina crpnog bazena	0.41	m
$\Delta H_r$	usvojena radna visina crpnog bazena	0.50	m

Princip rada crpke je dostizanje potrebne razine vode za crpljenje vode do integrirane linije fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova. U integriranu liniju voda dolazi cijevima profila DN125 pod tlakom. Hidraulički proračun dotoka vode na finu rešetku integrirane linije prikazan je u tablici 19.

Tablica 19. Vrijednosti hidrauličkog proračuna za dotok vode na finu rešetku

<b>DOVODNI KANAL S FINOM REŠETKOM</b>			
<b>Oznaka</b>	<b>Opis</b>	<b>Vrijednost</b>	<b>Jedinica</b>
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	0.016	$m^3/s$
n	Manningov koeficijent	0.015	$m^{-1/3}/s$
$h_{usvojeno}$	usvojena dubina uzvodno od rešetke	0.070	m
$v_u$	brzina tečenja uzvodno u kanalu	0.620	m/s
C	koeficijent protoka	0.60	1
$k_{ef}$	koeficijent potopljenosti	0.40	1
$\Delta h_{čista reš}$	pad vodnog lica na čistoj rešetki	0.321	m
$A_{eff}$	efektivna površina uronjene r	0.008	$m^2$

Obradena otpadna voda iz integrirane linije fine rešetke i aeriranog pjeskolova – mastolova odlazi jednim cjevovodom na daljnje pročišćavanje na jednu liniju bioeracijskog reaktora. Promjer cijevi dostatne za proračunske vrijednosti je DN125. Za hidraulički proračun uzeta je kao mjerodavna cijevi iz integrirane linije. Proračun je prikazan u tablici 20.

Tablica 20. Vrijednosti hidrauličkog proračuna za dotok vode u bioeracijski reaktor

<b>CJEVOVOD INTEGRIRANA LINIJA - BIOERACIJSKI REAKTOR</b>			
DN	promjer cijevi	125	mm
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	13	l/s
		0.013	$m^3/s$
L	duljina tlačnog cjevovoda	9.4	m
v	brzina tečenja	1.01	m/s
$\zeta_{lok}$	koeficijent lokalnih gubitaka	5.5	1
$\Delta H_{linijski}$	linijski gubici - proračunati u softwareu	0.02	m
$\Delta H_{lokalni}$	lokalni gubici	0.29	m
$\Delta H_{ukupno}$	ukupni gubici	0.31	m

Otpadna voda iz bioeracijskog reaktora nastavlja put prema naknadnom taložniku. Spoj između bioeracijskog reaktora i naknadnog taložnika izveden je cijevi DN250 dužine 160 cm. Otpadna voda put iz nitrificirajućeg dijela bioeracijskog reaktor nastavlja u bazen dimenzija 1x1x0,5 m u kojem se otpadna voda miješa sa kemikalijama za dodatno pročišćavanje vode. Razina vode u tom bazenu proračunata prema tablici 21. prikazanoj u nastavku.

Tablica 21. Vrijednosti hidrauličkog proračuna za dotok vode u naknadni taložnik

<b>CJEVOVOD BIOAERACIJSKI REAKTOR - NAKNADNI TALOŽNIK</b>			
DN	promjer cijevi	250	mm
Q <sub>mjer</sub>	mjerodavni protok	13	l/s
		0.0130	m <sup>3</sup> /s
L	duljina cjevovoda	1.6	m
v	brzina tečenja	0.4	m/s
ζ <sub>lok</sub>	koeficijent lokalnih gubitaka	5.5	1
ΔH <sub>linijski</sub>	linijski gubici - proračunati u softwareu	0.00	m
ΔH <sub>lokalni</sub>	lokalni gubici	0.05	m
ΔH <sub>ukupno</sub>	ukupni gubici	0.05	m

Cjevovod iz ulaznog bazena naknadnog taložnika spojena je cijevi dužine 1 m sa naknadnim taložnikom u kojem se obavlja glavina pročišćavanja i taloženje mulja. Proračun tog cjevovoda prikazan je u tablici 22.

Tablica 22. Vrijednosti hidrauličkog proračuna cjevovoda do naknadnog taložnika

<b>CJEVOVOD NAKNADNI TALOŽNIK</b>			
DN	promjer cijevi	250	mm
Q <sub>mjer</sub>	mjerodavni protok	13	l/s
		0.0130	m <sup>3</sup> /s
L	duljina cjevovoda	1	m
v	brzina tečenja	0.45	m/s
ζ <sub>lok</sub>	koeficijent lokalnih gubitaka	5	1
ΔH <sub>linijski</sub>	linijski gubici - proračunati u softwareu	0.00	m
ΔH <sub>lokalni</sub>	lokalni gubici	0.05	m
ΔH <sub>ukupno</sub>	ukupni gubici	0.05	m

Pročišćena voda dijelom odlazi na crpnu stanicu za povratni tok mulja, a dijelom pročišćena odlazi gravitacijskim cjevovodom u vodotok Radonje. Proračunati cjevovod predviđa se dužine 55 m od naknadnog taložnika do vodotoka profila DN300. Mjerenje protoka ispuštene pročišćene vode predviđeno je Parshallovim kanalom koji se nalazi u blizini građevina UPOV-a. Parshallov kanal kupuje se kao tipski predgotovljeni uređaj dimenzija predviđenih proračunom. U nastavku je tablica 23. koja prikazuje vrijednosti hidrauličkog proračuna cjevovoda do vodotoka rijeke Radonje sa pročišćenom otpadnom vodom.

Tablica 23. Vrijednosti hidrauličkog proračuna cjevovoda do vodotoka rijeke Radonje

<b>CJEVOVOD NAKNADNI TALOŽNIK - ISPUST</b>			
DN	promjer cijevi	300	mm
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	0.013	m <sup>3</sup> /s
n	Manningov koeficijent	0.015	1
I	pad dna kanala	0.0114	m/m
L	duljina cjevovoda	55	m
v	brzina tečenja	1.40	m/s
x	zapunjenost cijevi	58	%
h	visina vodnog lica	0.62	m

### 5.2.2. Linija mulja

Mulj koji nastaje pročišćavanjem vode u naknadnom taložniku odlazi u crpnu stanicu cjevovodom DN200. U crpnoj stanici se nalaze dvije crpke, od kojih je jedna radna, a jedna rezervna. Iz crpne stanice dio nepročišćene vode tlačnim cjevovodom odlazi na bioeracijski reaktor, a dio otpadne vode gravitacijski odlazi na zgušnjivač mulja. Crpna stanica za povratni tok mulja proračunata je prema tablici 24. prikazanoj u nastavku.

Tablica 24. Vrijednosti hidrauličkog proračuna cjevovoda između naknadnog taložnika i crpne stanice za povratni tok mulja

<b>CRPNA STANICA ZA POVRATNI TOK MULJA</b>			
DN	promjer cijevi	125	mm
$Q_{mjer}$	mjerodavni protok	18.8	l/s
n	broj crpki	1	1
$Q_{mjer,crpka}$	mjerodavni protok crpke	19	l/s
L	duljina tlačnog cjevovoda	10	m
v	brzina tečenja	1.00	m/s
$\zeta_{lok}$	koeficijent lokalnih gubitaka	8.1	1
$\Delta H_{linijski}$	linijski gubici - proračunati u softwaeu	0.07	m
$\Delta H_{lokalni}$	lokalni gubici	0.41	m
$\Delta H_{ukupno}$	ukupni gubici	0.48	m
$H_{geo}$	geodetska visina dizanja	0.31	m
$H_{man}$	manometarska visina dizanja	0.79	m
<b>CRPNI BAZEN</b>			
n	broj paljenja u satu	5	1
$V_r$	radni volumen crpnog bazena	3.38	m <sup>3</sup>
A	tlocrtna površina	6.25	m <sup>2</sup>
$\Delta H_r$	radna visina crpnog bazena	0.54	m
$\Delta H_r$	usvojena radna visina crpnog bazena	0.60	m

Iz crpne stanice mulj gravitacijski odlazi prema gravitacijskim zgušnjivačima mulja. Cjevovod predviđen do zgušnjivača mulja je DN200. Otpadni mulj dolazi na dva tipa zgušnjivača, jedan je gravitacijski, a drugi je spremnik za petodnevnú količinu mulja. Obzirom da se radi o malom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda nisu potreban nikakav daljnji tretman mulja. Nakon zgušnjivača mulja slijedi odvoz dogovoren sa većim nadležnim UPOV-om u blizini aglomeracije Vojnić. U nastavku je dan hidraulički proračun cjevovoda od crpnog bazena do zgušnjivača mulja. U tablici 25. su vrijednosti vezane za cjevovod do gravitacijskog zgušnjivača mulja, a u tablici 26. vrijednosti vezane za cjevovod do spremnika mulja.

Tablica 25. Vrijednosti hidrauličkog proračuna od crpnog bazena do zgušnjivača mulja

<b>CJEVOVOD – ZGUŠNJAVAČ MULJA</b>			
DN	promjer cijevi	200	mm
Q <sub>mjer</sub>	mjerodavni protok	13	l/s
		0.0130	m <sup>3</sup> /s
L	duljina cjevovoda	18.8	m
v	brzina tečenja	0.55	m/s
ζ <sub>lok</sub>	koeficijent lokalnih gubitaka	8.1	1
ΔH <sub>linijski</sub>	linijski gubici - proračunati u softwareu	0.05	m
ΔH <sub>lokalni</sub>	lokalni gubici	0.12	m
ΔH <sub>ukupno</sub>	ukupni gubici	0.18	m

Tablica 26. Vrijednosti hidrauličkog proračuna od crpnog bazena do spremnika mulja

<b>CJEVOVOD BIOAERACIJSKI REAKTOR - NAKNADNI TALOŽNIK</b>			
DN	promjer cijevi	200	mm
Q <sub>mjer</sub>	mjerodavni protok	13	l/s
		0.0130	m <sup>3</sup> /s
L	duljina cjevovoda	25.8	m
v	brzina tečenja	0.55	m/s
ζ <sub>lok</sub>	koeficijent lokalnih gubitaka	9.1	1
ΔH <sub>linijski</sub>	linijski gubici - proračunati u softwareu	0.07	m
ΔH <sub>lokalni</sub>	lokalni gubici	0.14	m
ΔH <sub>ukupno</sub>	ukupni gubici	0.21	m

## 6. LITERATURA

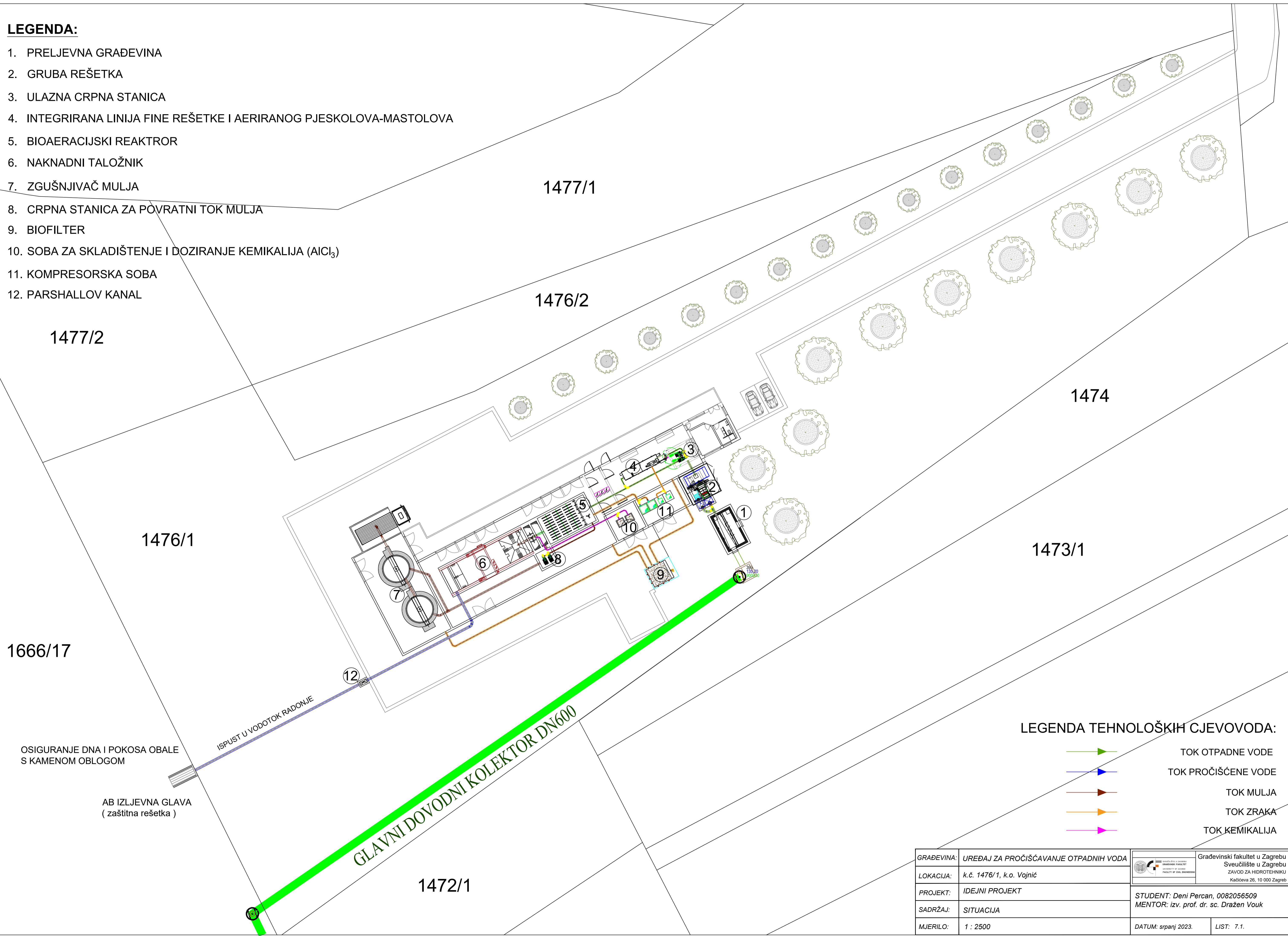
- [1] Općina Vojnić, *Općina Vojnić*. Dostupno: <https://www.vojnic.hr/opci-podaci/o-opcini/>
- [2] DWA-A 221, Principles for the use of small waste water treatment plants, 2019.
- [3] Vouk, D., Predavanja iz kolegija Pročišćavanja voda, Građevinski fakultet, Zagreb, 2021.
- [4] Halkijević, I., Predavanja iz kolegija Opskrba vodom i odvodnja 1, Građevinski fakultet, Zagreb, 2021.
- [5] Halkijević, I., Predavanja iz kolegija Opskrba vodom i odvodnja 2, Građevinski fakultet, Zagreb, 2021.
- [6] Narodne novine, Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, 2020.
- [7] AZU VODA, *AZU VODA*. Dostupno: <https://www.azuvoda.hr/>
- [8] V-ELIN, *V-ELIN*. Dostupno: <http://www.v-elin.hr/project/mjerenje-protoka-u-otvorenim-kanalima-parshallovo-suzenje/>
- [9] Vukovac Domanovac M., Proces s aktivnim muljem, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, 2021. Dostupno: <https://hrcak.srce.hr/clanak/372512>
- [10] Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u općini Vojnić, *Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja*, Dostupno: [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20OPUO/elaborat\\_zastite\\_okolisa\\_871.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20OPUO/elaborat_zastite_okolisa_871.pdf)
- [11] Grundfos, *Grundfos*. Dostupno: <https://www.grundfos.com/al>



## **7. GRAFIČKI PRILOZI**

**LEGENDA:**

1. PRELJEVNA GRAĐEVINA
2. GRUBA REŠETKA
3. ULAZNA CRPNA STANICA
4. INTEGRIRANA LINIJA FINE REŠETKE I AERIRANOG PJESKOLOVA-MASTOLOVA
5. BIOAERACIJSKI REAKTOR
6. NAKNADNI TALOŽNIK
7. ZGUŠNJIVAČ MULJA
8. CRPNA STANICA ZA PÓVRATNI TOK MULJA
9. BIOFILTER
10. SOBA ZA SKLADIŠTENJE I DOZIRANJE KEMIKALIJA (AlCl<sub>3</sub>)
11. KOMPRESORSKA SOBA
12. PARSHALLOV KANAL



**LEGENDA TEHNOLOŠKIH CJEVOVODA:**

- TOK OTPADNE VODE
- TOK PROČIŠĆENE VODE
- TOK MULJA
- TOK ZRAKA
- TOK KEMIKALIJA

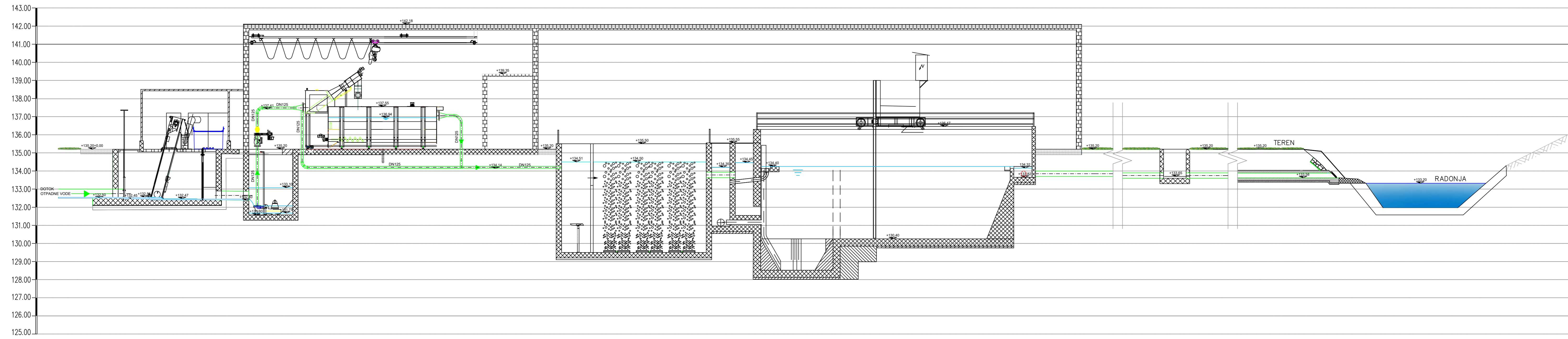
OSIGURANJE DNA I POKOSA OBALE  
S KAMENOM OBLOGOM

AB IZLJEVNA GLAVA  
(zaštitna rešetka)

ISPUST U VODOTOK RADONJE

GLAVNI DOVODNI KOLEKTOR DN600

GRAĐEVINA:	UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	Građevinski fakultet u Zagrebu Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU Kačićeva 26, 10 000 Zagreb
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vojnić	
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: Deni Percan, 0082056509
SADRŽAJ:	SITUACIJA	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk
MJERILO:	1 : 2500	DATUM: srpanj 2023.
		LIST: 7.1.

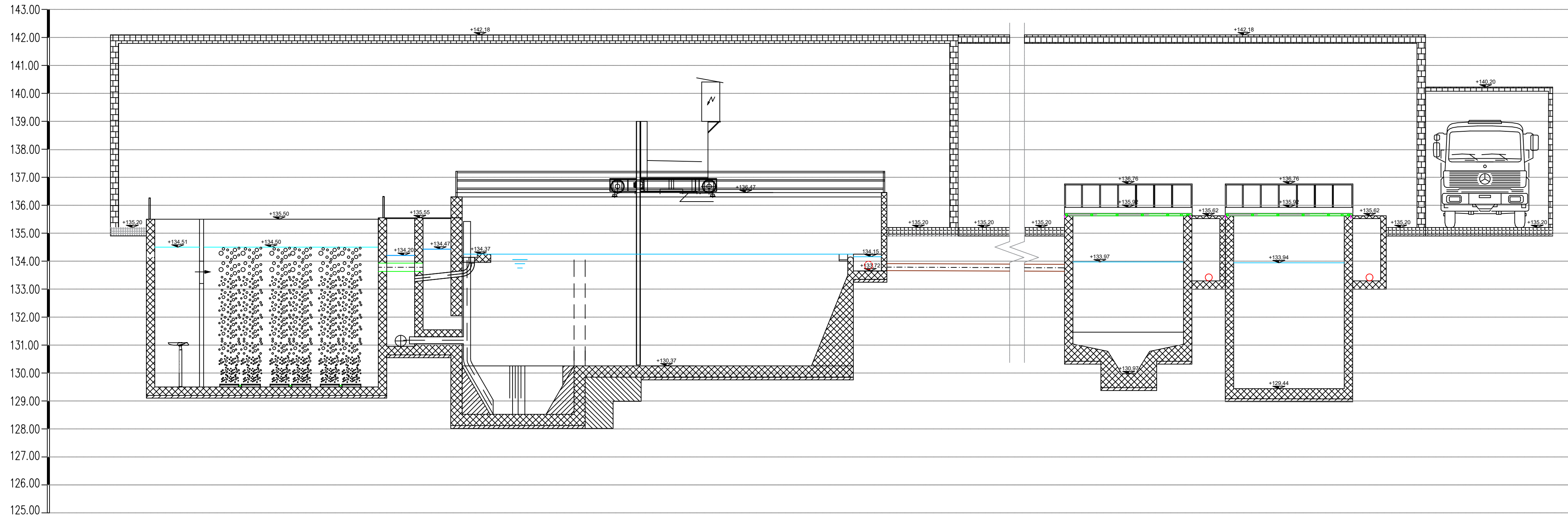


LEGENDA TEHNOLOŠKIH CJEVOVODA:

TOK OTPADNE VODE

GRADEVINA:	UREDAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA		Građevinski fakultet u Zagrebu
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vajnić		Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIČKI Kvalifikacijski centar za vodovod
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: <i>Deni Percan</i> , 0082056509	
SADRŽAJ:	LINIJA VODE	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk	
MJERILO:	1 : 100	DATUM: srpanj 2023.	LIST: 7.2.

# LINIJA MULJA

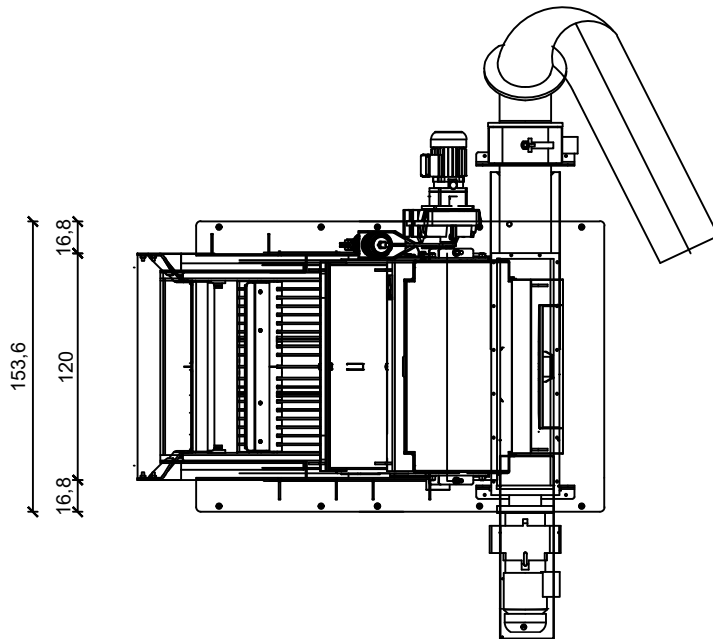
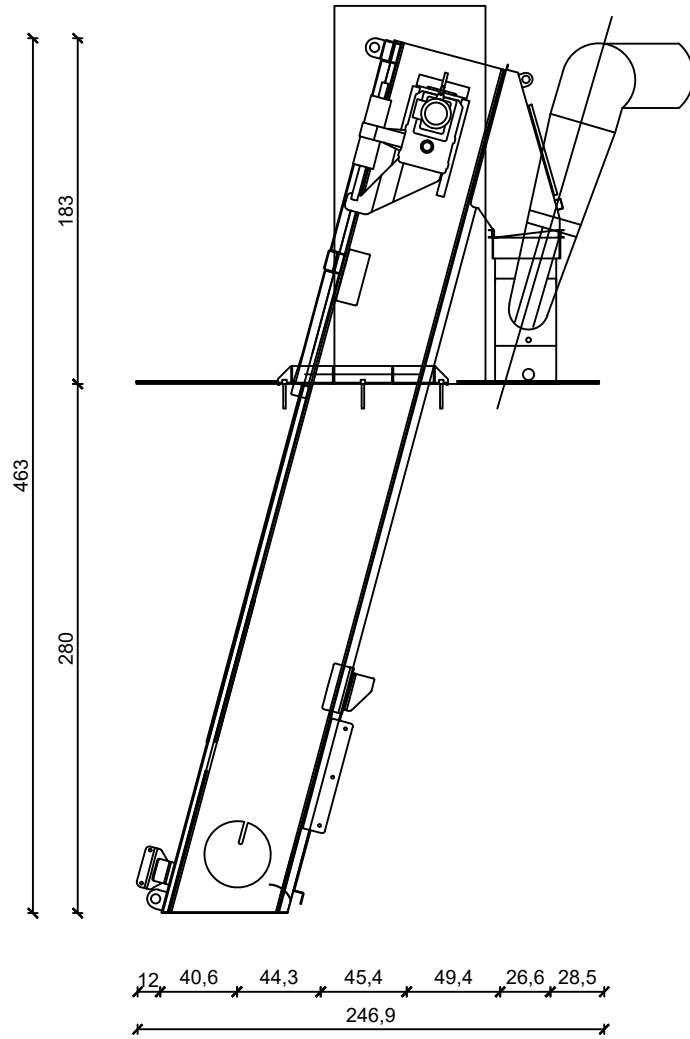



LEGENDA TEHNOLOŠKIH CJEVOVODA:

- ▶ TOK MULJA
- ▶ TOK OTPADNE VODE

GRADEVINA:	UREDAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	Građevinski fakultet u Zagrebu Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU Kačićeva 26, 10 000 Zagreb
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vojnić	
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: <i>Deni Percan</i> , 0082056509
SADRŽAJ:	LINIJA MULJA	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk
MJERILO:	1 : 100	DATUM: <i>srpanj</i> 2023. LIST: 7.3.

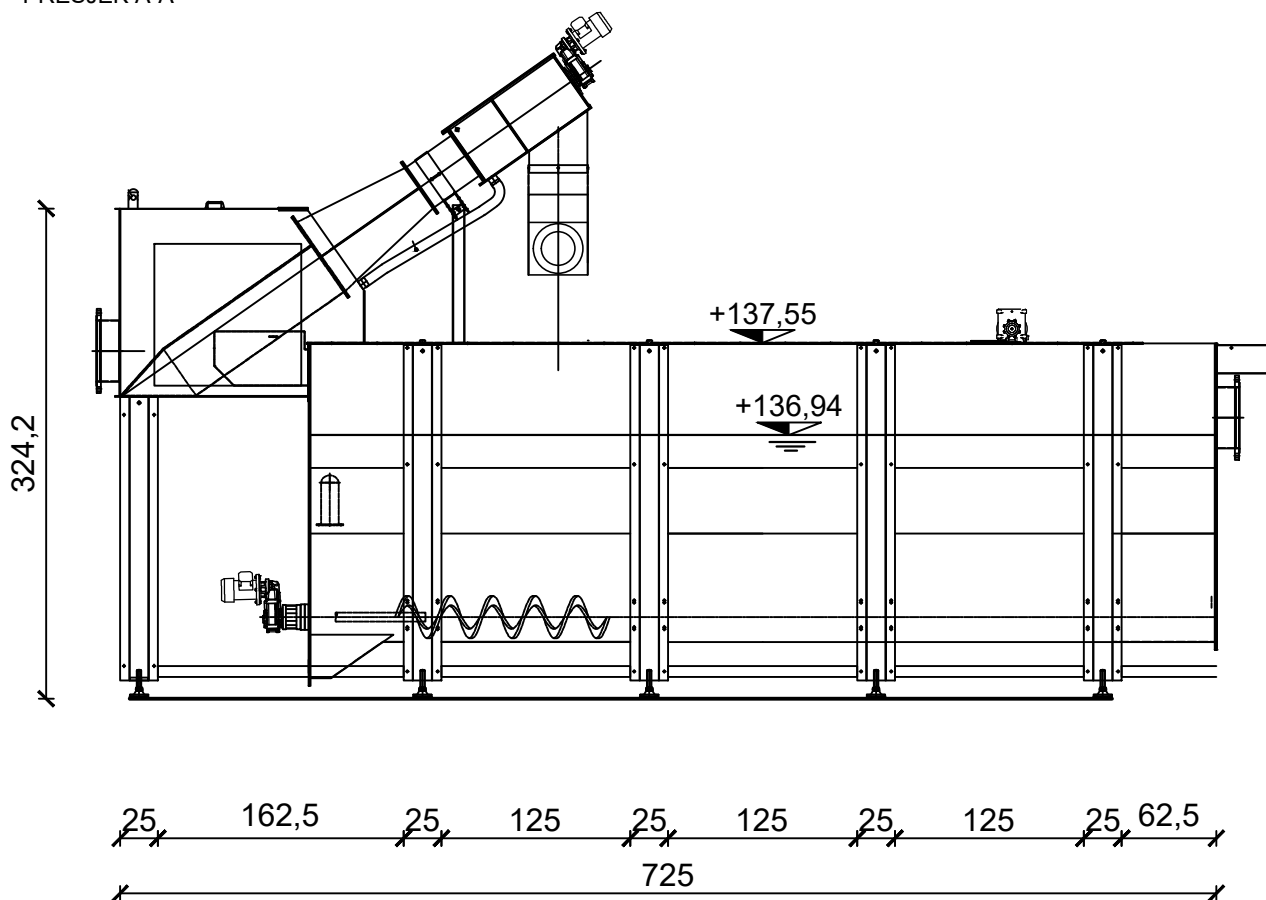
## DETALJ GRUBE REŠETKE



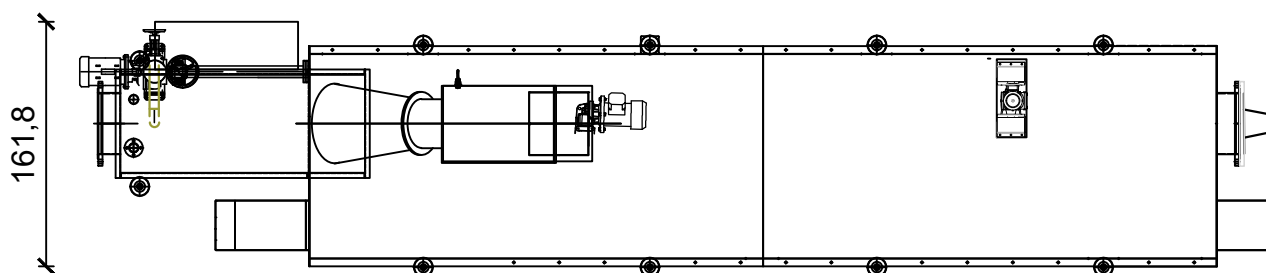
GRAĐEVINA:	UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	 Građevinski fakultet u Zagrebu Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU Kačićeva 26, 10 000 Zagreb	
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vojnić		
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: <i>Deni Percan</i> , 0082056509	
SADRŽAJ:	DETALJ GRUBE REŠETKE	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk	
MJERILO:	1 : 40	DATUM: <i>srganj 2023.</i>	LIST: 7.4.


# DETALJ INTEGRIRANE LINIJE FINE REŠETKE I AERIRANOG PJESKOLOVA-MASTOLOVA

PRESJEK A-A



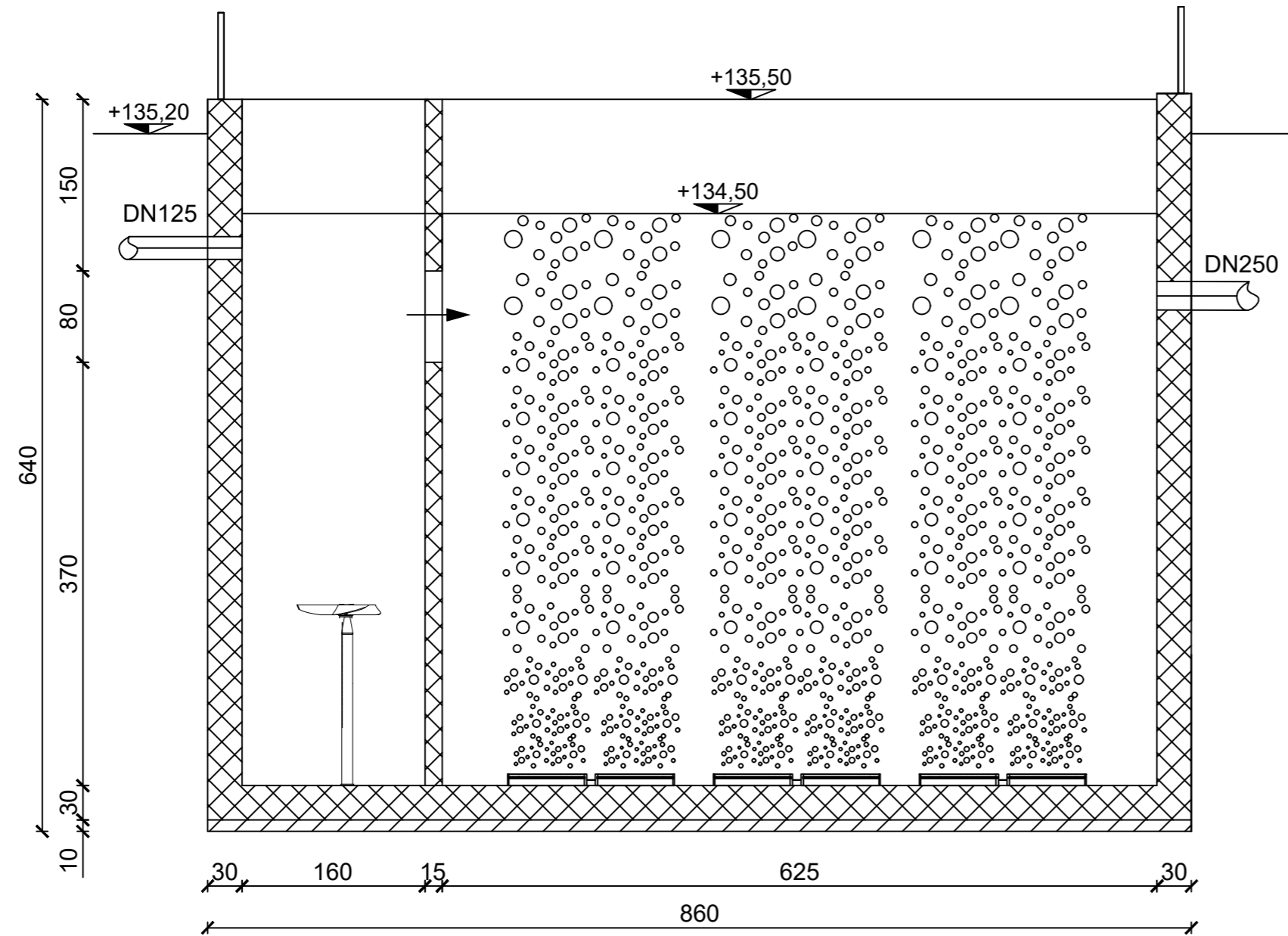
TLOCRT



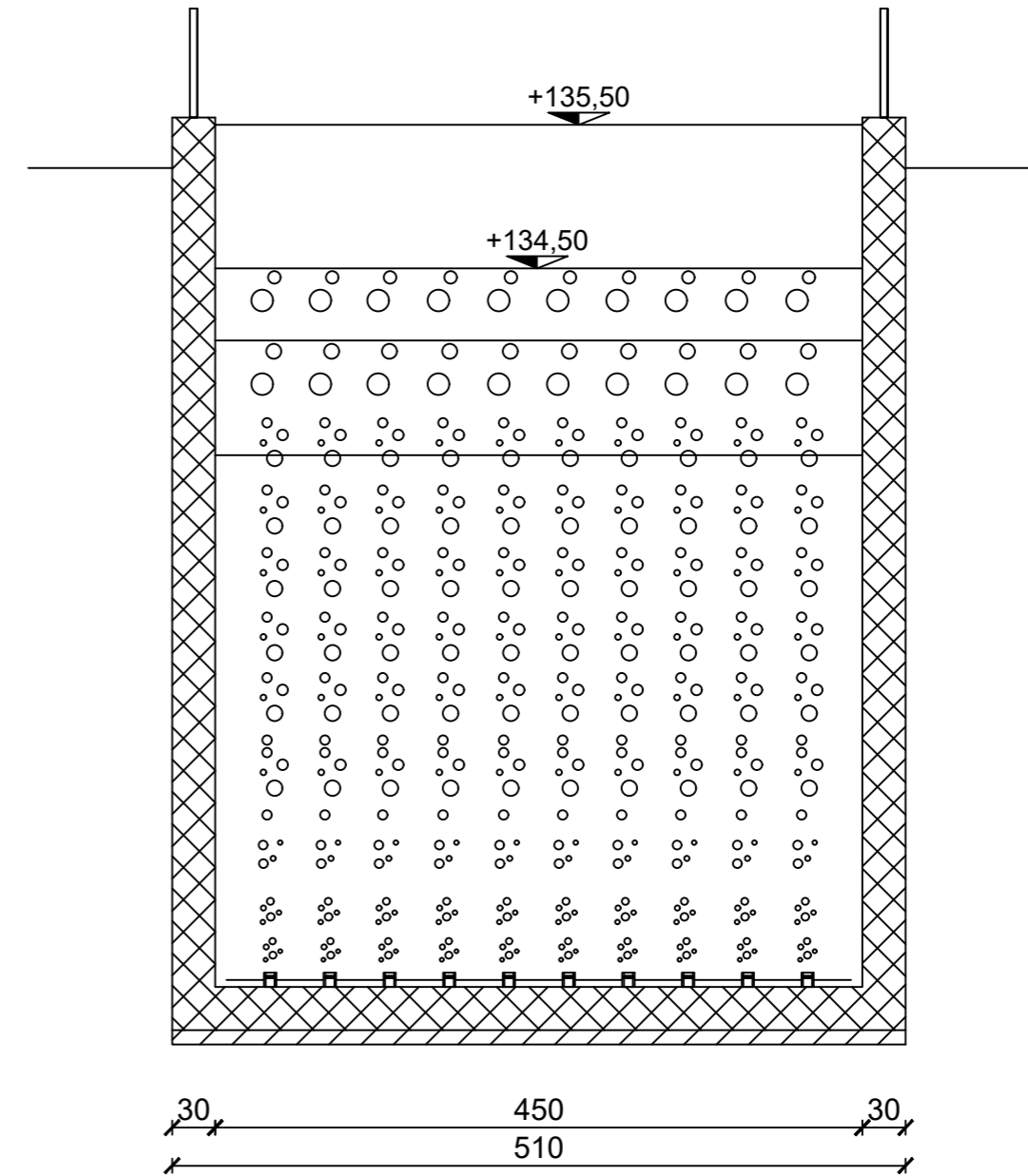
GRAĐEVINA:	UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	 Građevinski fakultet u Zagrebu Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU Kačićeva 26, 10 000 Zagreb	
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vojnić		
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: <i>Deni Percan</i> , 0082056509	
SADRŽAJ:	DETALJ INTEGRIRANE LINIJE	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk	
MJERILO:	1 : 50	DATUM: <i>srganj 2023.</i>	LIST: 7.5.

# DETALJ BIOAERACIJSKOG REAKTORA

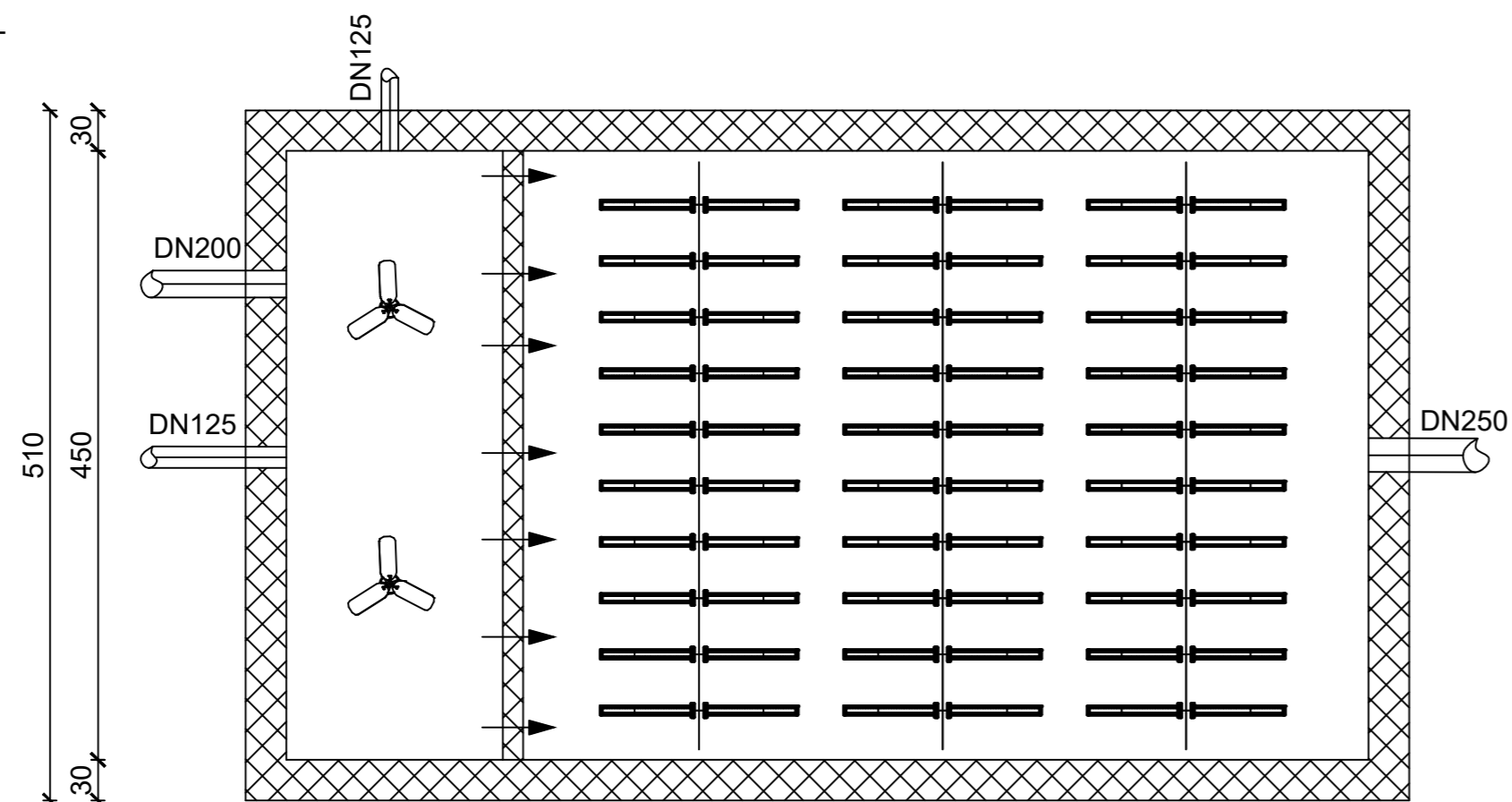
PRESJEK A-A  
BAR




PRESJEK B-B  
BAR



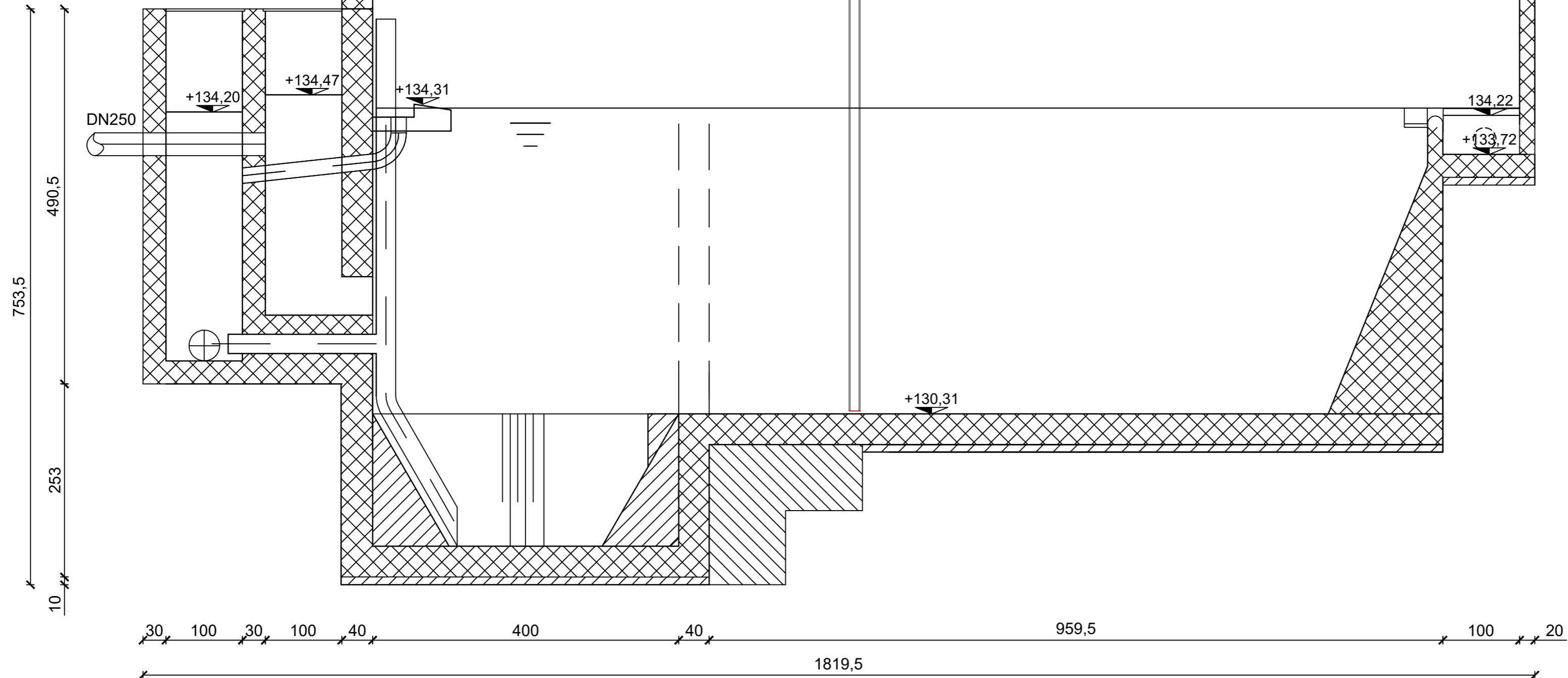
TLOCRT



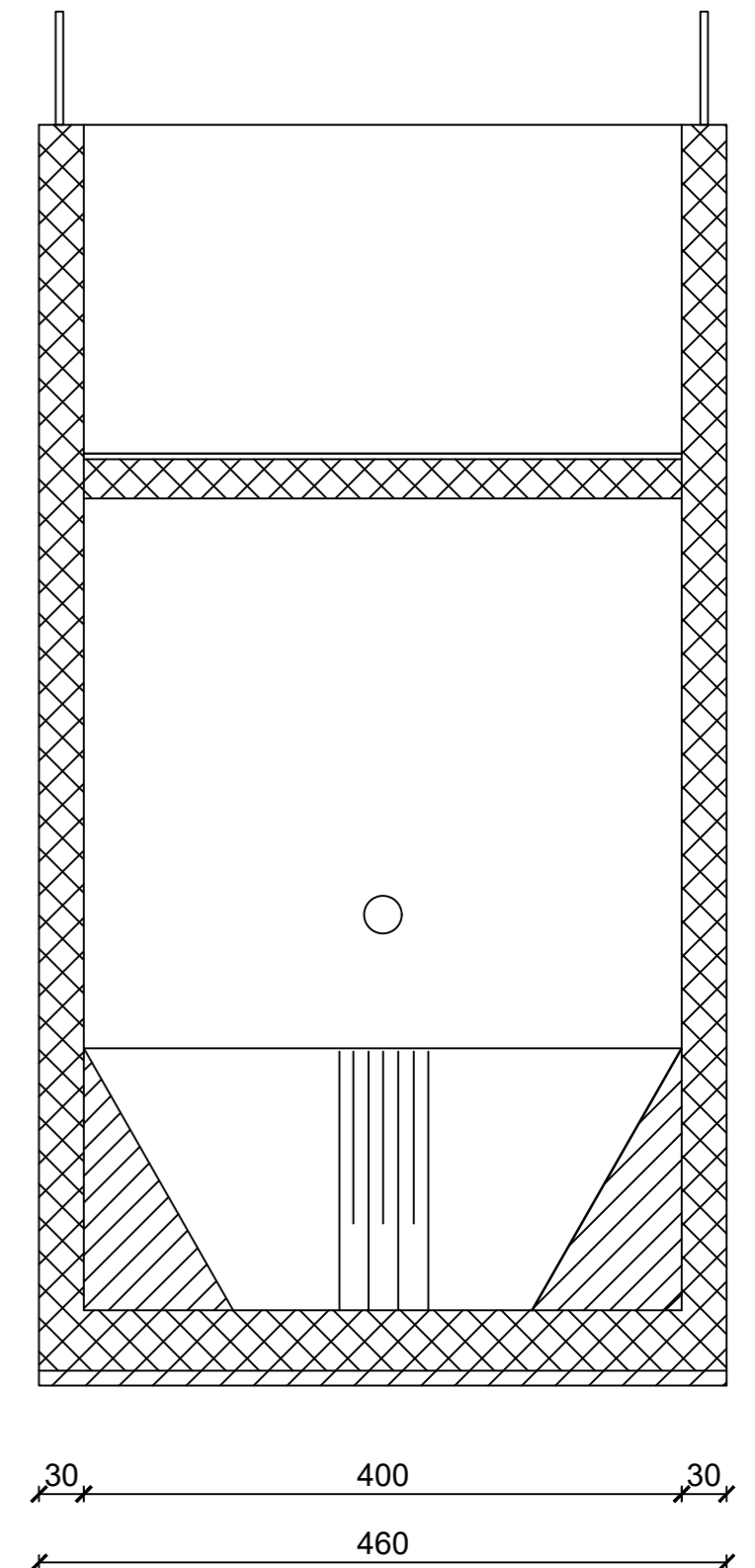
GRAĐEVINA:	UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	 Građevinski fakultet u Zagrebu Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU Kačićeva 26, 10 000 Zagreb
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vojnić	
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: <i>Deni Percan</i> , 0082056509
SADRŽAJ:	DETALJ BIOAERACIJSKOG REAKTORA	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk
MJERILO:	1 : 50	DATUM: srpanj 2023.
		LIST: 7.6.

# DETALJ NAKNADNOG TALOŽNIKA

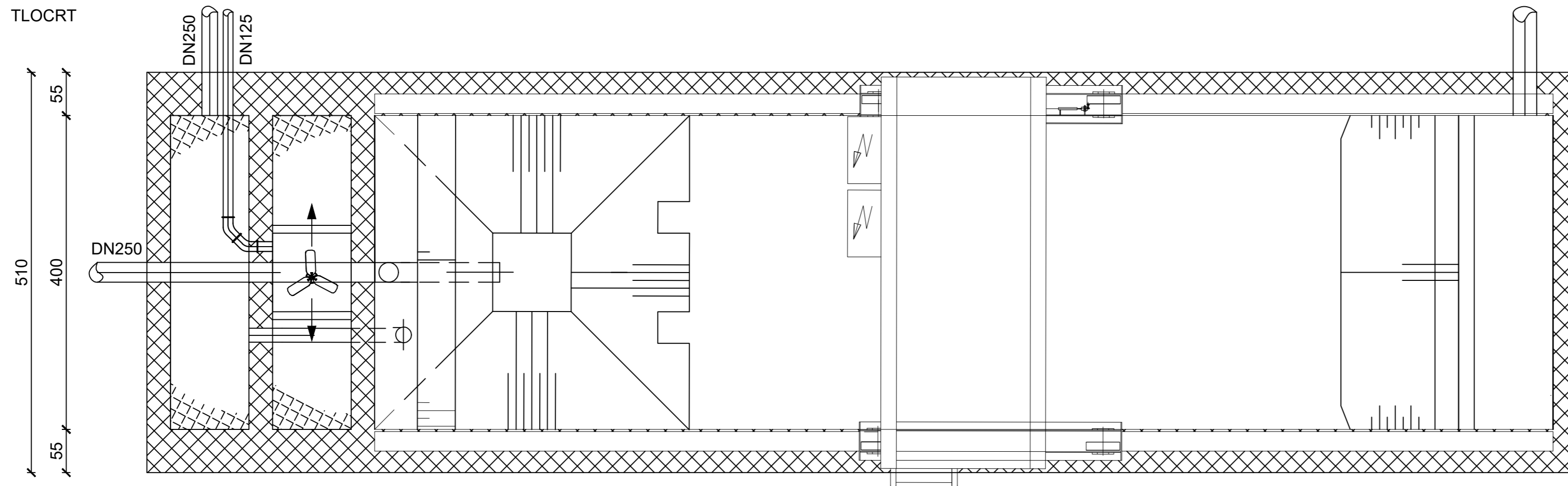
PRESJEK A-A  
NAKNADNI TALOŽNIK



PRESJEK B-B  
NAKNADNI TALOŽNIK



TLOCRT

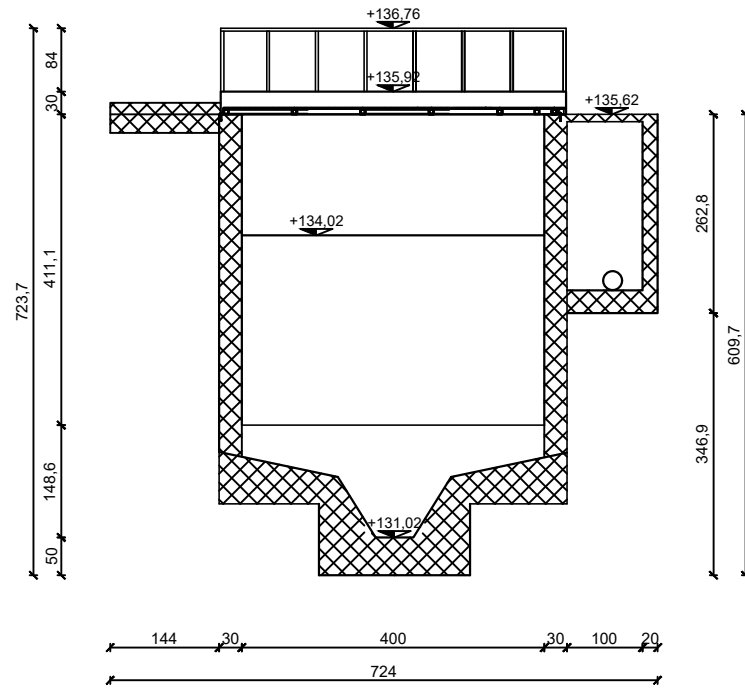


GRADEVINA:	UREDAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	 Građevinski fakultet u Zagrebu Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU Kašćelova 26, 10 000 Zagreb
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vojnić	
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: <i>Deni Percan</i> , 0082056509
SADRŽAJ:	DETALJ NAKNADNOG TALOŽNIKA	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk
MJERILO:	1 : 50	DATUM: srpanj 2023.
		LIST: 7.7.

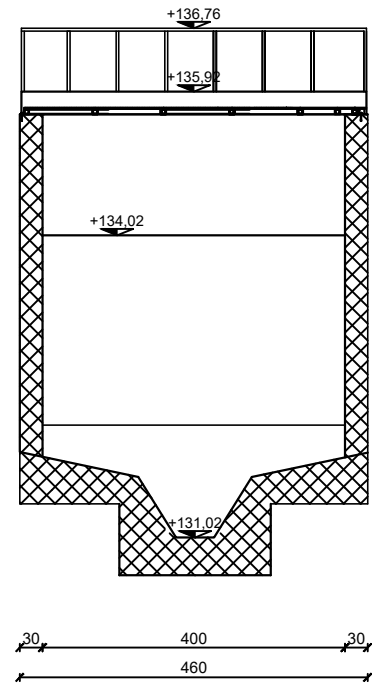


DETALJ GRAVITACIJSKOG ZGUŠNJIVAČA

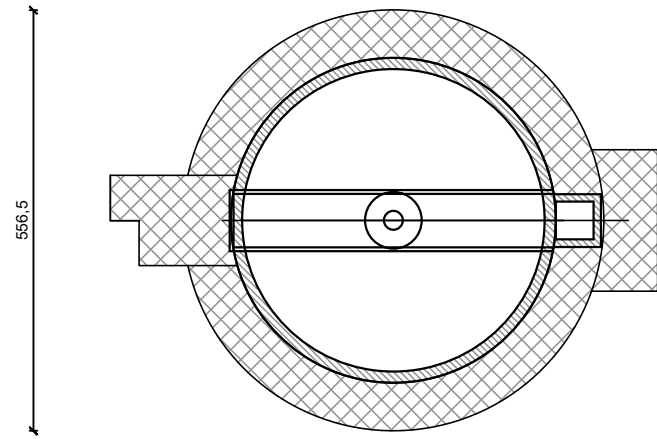
PRESJEK A-A



PRESJEK B-B

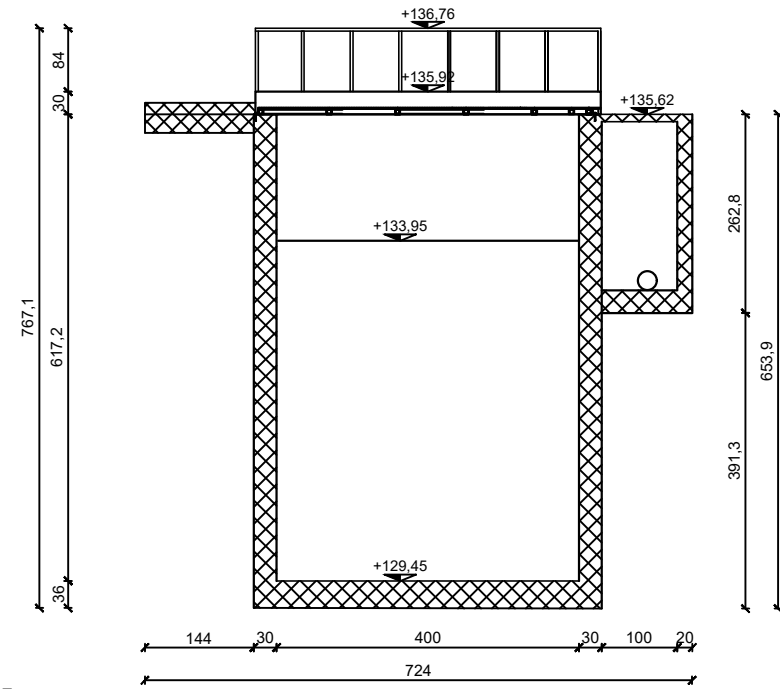


TLOCRT

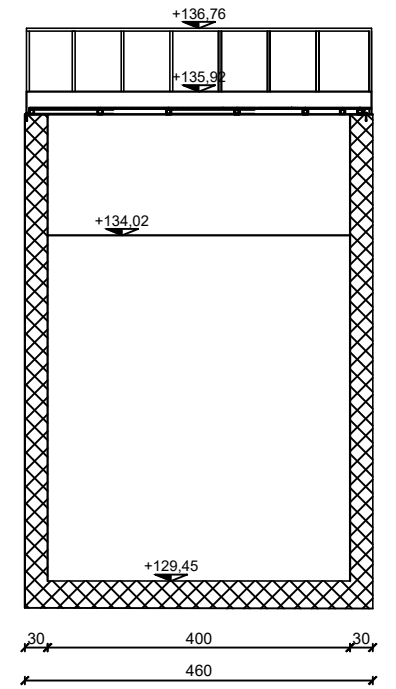


DETALJ SPREMNIKA ZGUSNUTOG MULJA

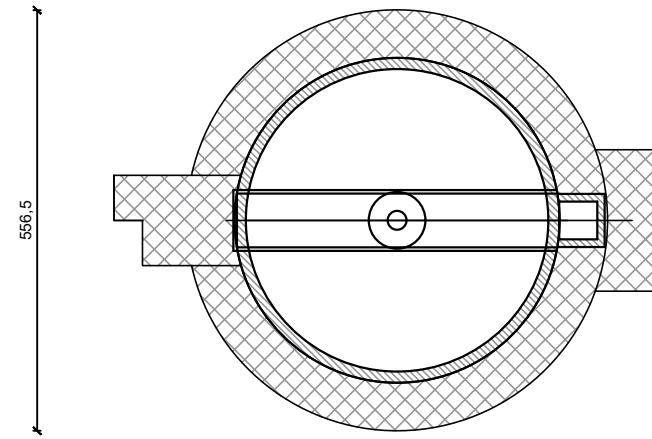
PRESJEK A-A




PRESJEK B-B



TLOCRT



GRADEVINA:	UREDAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	 Građevinski fakultet u Zagrebu Sveučilište u Zagrebu ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU Kaljeva 28, 10 000 Zagreb
LOKACIJA:	k.č. 1476/1, k.o. Vajnić	
PROJEKT:	IDEJNI PROJEKT	STUDENT: <i>Deni Percan</i> , 0082056509
SADRŽAJ:	DETALJ ZGUŠNJIVAČA MULJA	MENTOR: izv. prof. dr. sc. Dražen Vouk
MJERILO:	1 : 50	DATUM: <i>srpanj 2023.</i>
		LIST: 7.8.