

# Idejno rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga

---

Lukavečki, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:910022>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

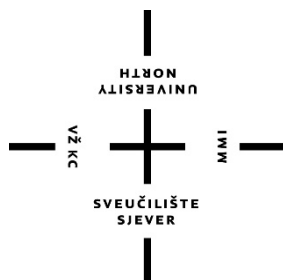


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD BR. 003/GRD/2020

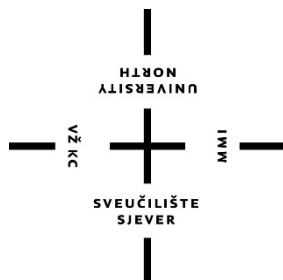
**IDEJNO RJEŠENJE UREĐAJA ZA  
PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA  
SUPETARSKA DRAGA**

Mario Lukavečki

Varaždin, rujan 2021. godine



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Graditeljstva**



DIPLOMSKI RAD BR. 003/GRD/2020

**IDEJNO RJEŠENJE UREĐAJA ZA  
PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA  
SUPETARSKA DRAGA**

Student:  
Mario Lukavečki, 0828/336D

Mentor:  
Doc.dr.sc. Domagoj Nakić

Varaždin, rujan 2021. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

|                             |   |              |                              |
|-----------------------------|---|--------------|------------------------------|
| ODJEL                       | Odjel za graditeljstvo  |              |                              |
| STUDIJ                      | diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo <input type="checkbox"/>     |              |                              |
| PRISTUPNIK                  | Mario Lukavečki   | MATIČNI BROJ | 0828/336D                    |
| DATUM                       | 24. 04. 2020.   | KOLEGIJ      | Zaštita i pročišćavanje voda |
| NASLOV RADA                 | Idejno rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga |              |                              |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Conceptual design of the wastewater treatment plant Supetarska Draga    |              |                              |

|                      |                               |        |        |
|----------------------|-------------------------------|--------|--------|
| MENTOR               | dr. sc. Domagoj Nakić         | ZVANJE | docent |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. prof. dr. sc. Božo Soldo   |        |        |
|                      | 2. doc. dr. sc. Domagoj Nakić |        |        |
|                      | 3. doc. dr. sc. Bojan Đurin   |        |        |
|                      | 4. doc. dr. sc. Željko Kos    |        |        |
|                      | 5. _____                      |        |        |

## Zadatak diplomskog rada

|      |              |
|------|--------------|
| BROJ | 003/GRD/2020 |
| OPIS |              |

U sklopu izrade diplomskog rada potrebno je izraditi idejno rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga na otoku Rabu.

Uređaj je potrebno dimenzionirati temeljem dostupnih ulaznih podloga: Studija izvedivosti, Analiza potreba, relevantna zakonska regulativa i dr.

Rad treba sadržavati minimalno sljedeća poglavlja:

-Sažetak

1. Uvod
2. Ulazni podaci i podloge
3. Proračun (definiranje hidrauličkog i masenog opterećenja)
4. Oblikovno-funkcionalno i tehničko rješenje
5. Aproximativni troškovnik
6. Grafički prilozi (situacija, linija vode, presjeci).

-Literatura

ZADATAK URUŽEN

19.2021.



### **Zahvala:**

*Zahvaljujem se svom mentoru doc. dr. sc. Domagoju Nakiću na pruženoj prilici za izradu diplomskog rada te za mnogobrojne stručne savjete i ideje koje su mi pripomogle u rješavanju svih nejasnoća i problema tijekom izrade rada.*

*Hvala svim ostalim profesorima, asistentima i vanjskim suradnicima koji su se trudili prenijeti nam što više znanja i stečenog iskustva u poslovima građevinarstva.*

*Također hvala kolegama studentima uz čije prisustvo i druženje je brže, zabavnije i lakše prošlo ovo studentsko doba.*

*Na kraju, veliko hvala mojoj obitelji, a posebno zaručnici Nikolini na razumijevanju, riječima podrške, strpljenju i pomoći tijekom studiranja.*

Mario Lukavečki

## **Sažetak:**

S obzirom na rastuću potražnju za pitkom vodom na svjetskoj razini, aktualna je problematika zaštite površinskih i podzemnih vodnih tijela prilikom ispuštanja, odnosno vraćanja u prirodu iskorištene onečišćene vode u obliku otpadne vode. Ipak, danas postoje brojni postupci pročišćavanja otpadnih voda koji omogućuju očuvanje vodnih resursa, usmjerenih u prvom redu na zaštitu pitke vode, ali i ostalih vodnih tijela.

Problematika ovog rada usmjerena je na izradu idejnog rješenja UPOV-a Supetarska Draga. Podaci potrebni za proračun preuzeti su iz „*Studije izvedivosti sustava javne odvodnje otpadnih voda na području aglomeracije Rab, Supetarska Draga i Lopar*“.

U početnom dijelu rada analizirani su svi podaci koje je potrebno prikupiti za određivanje kapaciteta UPOV-a te potrebnog stupnja pročišćavanja otpadnih voda. Temeljem definiranih ulaznih podataka (hidrauličko i biološko opterećenje), izvršen je tehnološki proračun objekta UPOV-a. Potom je opisan postupak tj. način na koji se vrši pročišćavanje otpadne vode prolaskom kroz objekte UPOV-a. U završnom dijelu rada izrađen je aproksimativni troškovnik na temelju kojeg je dobivena okvirna cijena potrebna za izgradnju i puštanje UPOV-a u pogon, a također su izrađeni i nacrti pripadajućih objekta.

**Ključne riječi:** UPOV (uređaj za pročišćavanje otpadnih voda), Supetarska Draga, prvi (I) stupanj pročišćavanja, aerirani pjeskolov-mastolov, primarni taložnik

## **Abstract:**

Given the growing demand for drinking water globally, the actual problem is of protecting surface and underground water bodies when discharge, i.e. returning to nature used contaminated water in the form of wastewater. Nevertheless, today there are numerous wastewater treatment procedures that allow the preservation of water resources, directed in the first place at protecting drinking water, as well as other water bodies.

The topic issue of this paper is creating a conceptual solution of WWTP Supetarska Draga. The data needed for the calculation are taken from the *"Feasibility Study of Public Sewage System in the Area of Agglomeration Rab, Supetarska Draga and Lopar"*.

The initial part of the paper analysed all the data to be collected to determine the capacity of the WWTP and the required degree of wastewater treatment. Based on defined inputs data (hydraulic and biological load), the technological calculation of the WWTP facility was carried out. Then the procedure is described, i.e. the way wastewater is treated by passing through WWTP objects. In the final part of the work, an approximative bill of quantities was created on the basis of which the indicative price necessary for the construction and commissioning of the WWTP was obtained, and drafts of the corresponding facilities were also drawn up.

**Keywords:** WWTP (wastewater treatment plant), Supetarska Draga, first (I) degree of purification, aerated grit chambers, primary clarifiers



## Popis korištenih kratica

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>EU</b>              | Europska unija   |
| <b>UPOV</b>            | uređaj za pročišćavanje otpadnih voda                        |
| <b>RH</b>              | Republika Hrvatska   |
| <b>ESIF</b>            | Europski strukturni i investicijski fondovi                  |
| <b>PGŽ</b>             | Primorsko-goranska županija                                  |
| <b>ODV</b>             | Okvirna direktiva o vodama                                   |
| <b>GVE</b>             | granične vrijednosti emisija                                 |
| <b>APM</b>             | aerirani pjeskolov-mastolov                                  |
| <b>PT</b>              | prethodni taložnik   |
| <b>ES</b>              | ekvivalent stanovnik   |
| <b>BPK<sub>5</sub></b> | petodnevna biokemijska potrošnja kisika pri temperaturi 20°C |
| <b>KPK</b>             | kemijska potrošnja kisika                                    |
| <b>SS</b>              | suspendirane tvari   |
| <b>TN</b>              | ukupni dušik   |
| <b>TP</b>              | ukupni fosfor  |

# SADRŽAJ

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>1.</b>   | <b>UVOD.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2.</b>   | <b>ULAZNI PODACI I PODLOGE.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2.1.</b> | <b>Geografski smještaj.....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1.1.      | <i>Lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga</i>   | 5         |
| <b>2.2.</b> | <b>Potreban kapacitet UPOV-a Supetarska Draga .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.2.1.      | <i>Trendovi kretanja broja stanovnika na području RH i na području obuhvata projekta .....</i>                  | <i>8</i>  |
| 2.2.2.      | <i>Postojeći podaci o stanovništvu na promatranom području .....</i>  | <i>9</i>  |
| 2.2.3.      | <i>Procjene kretanja stanovništva na promatranom području .....</i>   | <i>10</i> |
| 2.2.4.      | <i>Trendovi kretanja broja turista i turističkih kapaciteta na području aglomeracije Supetarska Draga .....</i> | <i>11</i> |
| 2.2.5.      | <i>Smještajni turistički kapaciteti.....</i>  | <i>12</i> |
| 2.2.6.      | <i>Procjene kretanja turističkih kapaciteta na promatranom području</i>   | <i>13</i> |
| <b>2.3.</b> | <b>Potreban stupanj pročišćavanja UPOV-a Supetarska Draga .....</b>   | <b>15</b> |
| 2.3.1.      | <i>Zakonodavstvo EU kojim se uređuje upravljanje i zaštita vodama..</i>   | <i>15</i> |
| 2.3.2.      | <i>Zakonodavstvo RH kojim se uređuje upravljanje i zaštita vodama..</i>   | <i>16</i> |
| 2.3.3.      | <i>Potreban stupanj pročišćavanja UPOV-a Supetarska Draga.....</i>  | <i>18</i> |
| <b>3.</b>   | <b>PRORAČUN (definiranje hidrauličkog i masenog opterećenja) .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>3.1.</b> | <b>Određivanje opterećenja UPOV-a Supetarska Draga.....</b>   | <b>22</b> |
| <b>3.2.</b> | <b>Tehnološki proračun objekata UPOV-A.....</b>   | <b>26</b> |
| 3.2.1.      | <i>Proračun dovodnog kanala .....</i>   | <i>26</i> |
| 3.2.2.      | <i>Proračun ulazne crpne stanice .....</i>  | <i>28</i> |
| 3.2.3.      | <i>Proračun aeriranog pjeskolova-mastolova .....</i>  | <i>30</i> |
| 3.2.4.      | <i>Proračun prethodnog taložnika .....</i>  | <i>32</i> |
| <b>4.</b>   | <b>OBLIKOVNO-FUNKCIONALNO I TEHNIČKO RJEŠENJE .....</b>   | <b>34</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>Dovodni kanal.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>4.2.</b> | <b>Gruba rešetka.....</b>   | <b>35</b> |
| 4.2.1.      | <i>Princip rada.....</i>  | <i>35</i> |
| <b>4.3.</b> | <b>Fina rešetka.....</b>  | <b>36</b> |
| 4.3.1.      | <i>Princip rada.....</i>  | <i>36</i> |
| <b>4.4.</b> | <b>Ulazna crpna stanica .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>4.5.</b> | <b>Aerirani pjeskolov-mastolov .....</b>  | <b>38</b> |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>4.6.</b> | <b><i>Klasirer pijeska</i></b> .....                                  | <b>39</b> |
| 4.6.1.      | <i>Princip rada</i> .....   | 39        |
| <b>4.7.</b> | <b><i>Prethodni (primarni) taložnik</i></b> .....                     | <b>40</b> |
| <b>4.8.</b> | <b><i>Obrada mulja</i></b> .....                                      | <b>41</b> |
| 4.8.1.      | <i>Zgušnjivač mulja</i> .....   | 41        |
| 4.8.2.      | <i>Stabilizacija mulja</i> .....                                      | 42        |
| 4.8.3.      | <i>Dehidracija mulja</i> .....  | 42        |
| <b>5.</b>   | <b>APROKSIMATIVNI TROŠKOVNIK</b> .....                                | <b>43</b> |
| <b>6.</b>   | <b>ZAKLJUČAK</b> .....  | <b>44</b> |
| <b>7.</b>   | <b>GRAFIČKI PRILOZI</b> .....   | <b>45</b> |
|             | <i>PRILOG 1: Izvadak iz katastarskog plana, MJ 1:1000</i> .....       | 46        |
|             | <i>PRILOG 2: Situacijsko rješenje UPOV-a, MJ 1:150</i> .....          | 47        |
|             | <i>PRILOG 3: Ulazni objekt (gruba i fina rešetka), MJ 1:100</i> ..... | 48        |
|             | <i>PRILOG 4: Ulazna crpna stanica, MJ 1:100</i> .....                 | 49        |
|             | <i>PRILOG 5: Aerirani pjeskolov-mastolov, MJ 1:100</i> .....          | 50        |
|             | <i>PILOG 6: Primarni taložnik, MJ 1:100</i> .....                     | 51        |
|             | <i>PRILOG 7: Zgrada obrade mulja, MJ 1:100</i> .....                  | 52        |
|             | <i>PRILOG 8: Upravna zgrada, MJ 1:100</i> .....                       | 53        |
|             | <i>PRILOG 9: Linija vode (presjek kroz UPOV), MJ 1:100</i> .....      | 54        |
| <b>8.</b>   | <b>LITERATURA</b> .....   | <b>55</b> |

# 1. UVOD

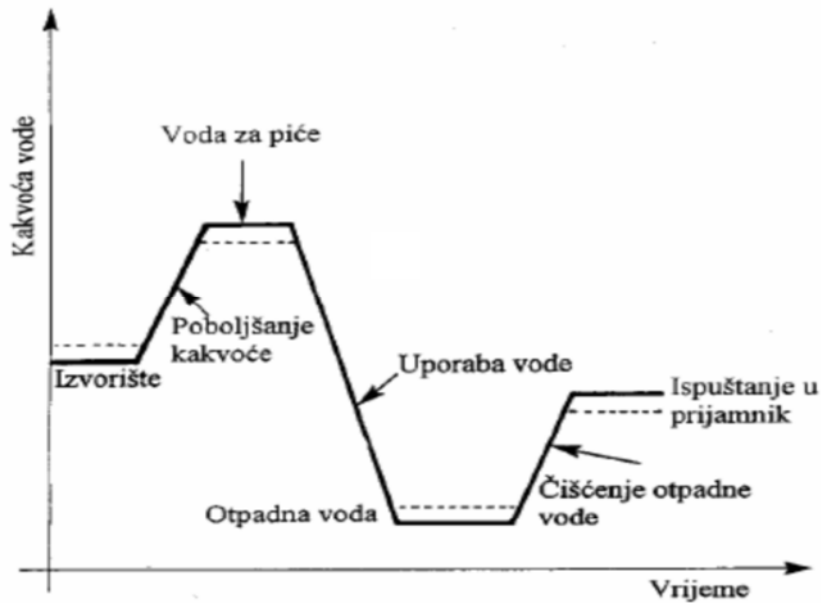
Raspoložive količine pitke vode u Hrvatskoj su značajne te se po dostupnosti pitke vode nalazi u samome vrhu Europe. Prema podacima Eurostata, Hrvatska ima najviše zaliha vode po glavi stanovnika u Europskoj uniji (EU) s dugoročnim prosjekom od 27.330 m<sup>3</sup> po stanovniku, a zatim slijede Finska i Švedska [1]. Dostupnost pitke vode ovisi o puno čimbenika, no najznačajniji su: slabi resursi pitke vode, siromaštvo, zagađenost voda i sl.

Porastom stanovništva, jačanjem industrija, gospodarskim razvojem te samim procesom urbanizacije dolazi do povećane potrošnje vode, a što pak za posljedicu ima povećanje količine otpadne vode opterećene raznim organskim i anorganskim tvarima. U većini slučajeva takve onečišćene otpadne vode se potom bez ikakvih ili nedostatnih tretmana ispuštaju direktno u vodotoke, rijeke, jezera ili mora, što uzrokuje dodatno onečišćenje postojećih vodnih tijela te smanjenje resursa pitke vode, a što je ekološki neprihvatljivo. Ovi problemi su posebno izraženi u blizini većih gradskih središta gdje je stanovništvo koncentriranije te je jako gospodarstvo tj. industrija, a nije izvedena adekvatna infrastruktura s pripadajućim uređajima za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV).

Osiguravanje potrebne količine pitke vode za normalno korištenje postao je jedan od važnijih svjetskih problema. Još donedavno se smatralo kako je pitka voda neiscrpan resurs, no sa sve češćim susretima s vodom koja kvalitetom ne zadovoljava zahtjeve za ljudsku upotrebu prije svega za piće, uvidio se problem te se zadnjih nekoliko godina počelo raditi na intenzivnom rješavanju nastajuće krize s nedostatkom pitke vode.

Danas postoje mnogobrojni procesi obrade otpadne vode čime se smanjuju njezina onečišćenja na prihvatljiva, a ujedno te pročišćene vode mogu biti ponovo korištene u razne namjene, bilo u industriji, poljoprivredi ili čak i za ljudske potrebe.

Vrlo važno je da čovjek što više ovlada znanjem o zaštiti okoliša te bi trebao težiti da vodu zahvaćenu iz prirode i korištenu za razne namjene i pritom onečišćenu, ne vraća u prirodu kao visoko onečišćenu, već da ju raznim procesima pročišćavanja pročisti do stanja da njezinim ispuštanjem tj. ponovnim povratkom u prirodu ne narušava prirodnu ravnotežu i kvalitetu okoliša. Bilo bi poželjno da se voda koja je bila korištena u nekom procesu te je pritom onečišćena, a prije ispuštanja u okoliš, dovede u barem približno stanje kakvoće kao prilikom njezina zahvaćanja i korištenja (*Slika 1.1.*).



**Slika 1.1.** Stanje kakvoće vode kroz vrijeme [2]

Republika Hrvatska (RH) kao jedna od država članica Europske unije ima pravo pristupa Strukturnim i Kohezijskim fondovima EU. Europski strukturni i investicijski fondovi (ESIF) služe kao financijska potpora za provedbu pojedinih javnih politika EU u zemljama članicama [3]. Svaka zemlja članica ima mogućnost samostalno odrediti područja u koja će uložiti prema utvrđenim nacionalnim i regionalnim razvojnim potrebama, ali sve u cilju ispunjenja prioriteta i strategija EU u cjelini. Osnovna namjena ovih sredstava je osigurati financijsku pomoć u ispunjavanju zahtjeva koji proizlaze iz zakonodavstva EU, a koje je RH preuzela u svoje nacionalno zakonodavstvo. S druge strane svrha kohezijske politike jest smanjiti značajne gospodarske, socijalne i teritorijalne razlike koje postoje između pojedinih regija EU, ali i jačati globalnu konkurentnost europskog gospodarstva.

Priprema i provedba infrastrukturnih projekata ključna je za postizanje ciljeva Strategije upravljanja vodama, obveza proizašlih iz usklađivanja nacionalne regulative s europskom, a sve radi povlačenje sredstava Strukturnih i Kohezijskih fondova EU.

Zbog svega prethodno navedenog, diljem EU kao i u RH u tijeku su izgradnja nove te dogradnja postojeće vodno-komunalne infrastrukture, uključujući i uređaje za pročišćavanje otpadnih voda. Velika većina potrebnih novčanih sredstava, kao što je i prethodno naglašeno, za izvedbu ovih radova osigurana je iz fondova EU.

U okviru ovoga rada obrađuje se problematika pročišćavanja otpadnih voda te izrada idejnog rješenja UPOV-a aglomeracije Supetarska Draga koja se nalazi na otoku Rabu, a sve s osnovnim ciljem zaštite zdravstvenog stanja i poboljšanja uvjeta života postojećih i novo priključenih stanovnika na sustav odvodnje na području obuhvata projekta te u svrhu zaštite okoliša.

**Raspoložive podloge koje su dobivene na uvid i korištene tijekom izrade ovog rada:**

- Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš za sustav vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda aglomeracije Supetarska Draga [4]
- Studija izvedivosti sustava javne odvodnje otpadnih voda na području aglomeracije Rab, Supetarska Draga i Lopar [5]

## 2. ULAZNI PODACI I PODLOGE

### 2.1. Geografski smještaj

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga kao i istoimena aglomeracija smješteni su na području Primorsko-goranske županije (PGŽ), u obuhvatu administrativnog područja Grada Raba.

PGŽ nalazi se na zapadu RH te je sa nešto manje od 300.000 stanovnika treća županija po veličini. U zaleđu je omeđena sa Gorskim kotarom, na sjeveru graniči s Republikom Slovenijom, na zapadu s Istarskom županijom, na istoku s Karlovačkom i Ličko-senjskom županijom, a na jugoistoku sa Zadarskom županijom (*Slika 2.1.*).

PGŽ obuhvaća područje grada Rijeke, sjeveroistočni dio istarskog poluotoka, Kvarnerske otoke, Hrvatsko primorje i Gorski kotar. Najveći grad županije je grad Rijeka s nešto manje od 130.000 stanovnika te je trenutno treći po veličini grad u RH.



*Slika 2.1. Područje Primorsko-goranske županije [6]*

Otok Rab smješten je u Kvarnerskom zaljevu, južno od otoka Krka te istočno od otoka Cresa. Klima na tom području je umjerenjena. Prosječna godišnja temperatura zraka iznosi 14,9°C, a prosječna godišnja količina padalina je 1.108,8 mm.

Otok Rab sa svojom površinom od 102,85 km<sup>2</sup> zauzima otprilike 2,86% PGŽ. Najveća dužina otoka iznosi cca 22 km, dok se širina kreće u rasponu 2-11 km [7]. Od kopna ga dijeli Velebitski kanal u najužem djelu širine cca 2 km.

Otok Rab je poznat po razvedenosti obale, brojnim uvalama, pješčanim plažama te vrlo čistim morem. Obuhvaća područje slijedećih naselja: Banjol, Barbat na Rabu, Kampor, Mundanije, Palit, Rab i Supetarska Draga. Također otok Rab obuhvaća i više desetaka manjih okolnih otoka. Na slici u nastavku je prikazano obuhvatno područje otoka Raba.



Slika 2.2. Otok Rab [7]

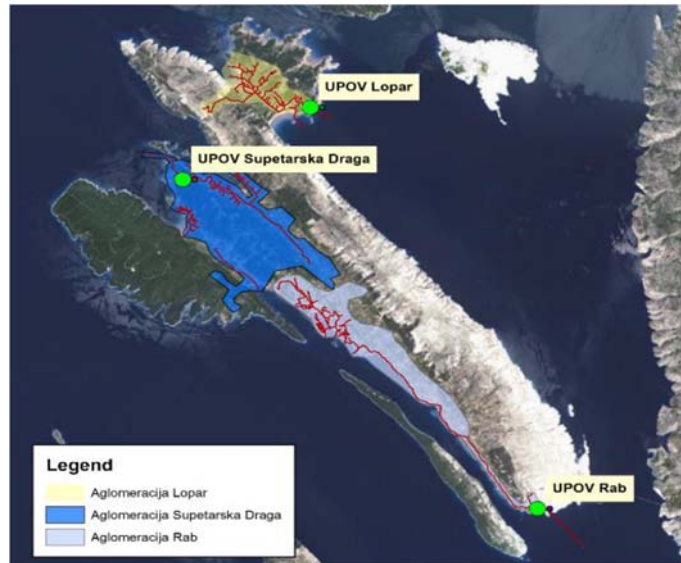
### 2.1.1. Lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga

Sustav javne odvodnje otoka Raba predviđen je da se sastoji od tri zasebne aglomeracije i to aglomeracija Rab, Supetarska Draga i Lopar (Slika 2.3.). Na Otoku Rabu postoji ukupno 8 naselja i u svima je barem djelomično izgrađen sustav javne odvodnje.

Svaka aglomeracija će imati izgrađen UPOV iz kojeg će se pročišćene vode ispuštati putem podmorskih ispusta u more.

Aglomeracija Supetarska Draga obuhvaća naselja Supetarska Draga, Kampor i Mundanije. Na području aglomeracije je djelomično izgrađena kanalizacijska mreža koja je razdjelnog tipa, a što znači da se samo sanitarne i industrijske otpadne vode prihvaćaju u sustav odvodnje, dok se oborinske vode odvođe zasebnim sustavom, odnosno ne prihvaćaju u kanalizacijski sustav. Te otpadne vode se zatim mrežom gravitacijskih i tlačnih cjevovoda, a uz pomoć crpnih stanica, transportiraju dalje do UPOV-a Supetarska Draga.





Slika 2.3. Aglomeracije otoka Raba s lokacijama UPOV-a [5]

UPOV Supetarska Draga predviđen je na katastarskoj čestici br. 1803/96 (Slika 2.4.), koja se nalazi u katastarskoj općini Supetarska Draga 324442, a koje pripada katastarskom uredu Rab.

Navedena parcela je u državnom vlasništvu tj. u vlasništvu grada Raba. Parcela je ukupne površine cca 2.000,00 m<sup>2</sup> te je zemljište označeno kao pašnjak. Parcela je pravokutnog oblika s blagim zaobljenjem na zapadnoj strani, gdje je ujedno i predviđen izlaz na prometnicu.



Slika 2.4. Lokacija UPOV-a Supetarska Draga prikazana na katastarskoj podlozi

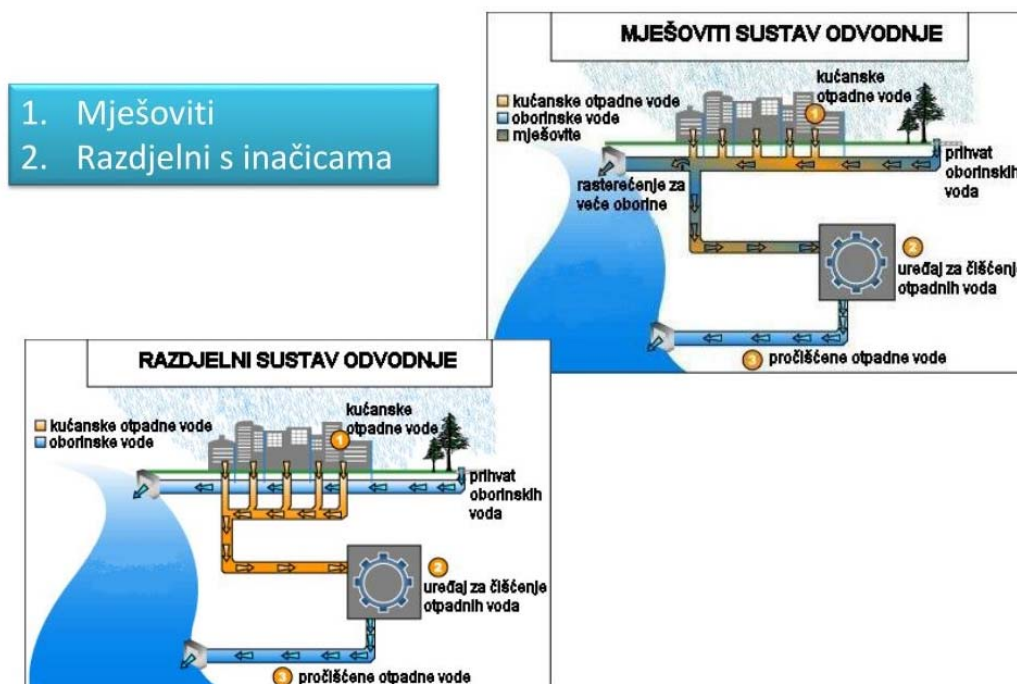
## 2.2. Potreban kapacitet UPOV-a Supetarska Draga

Za izradu svakog projekta UPOV-a najvažniji korak je određivanje i proračun što točnijeg potrebnog kapaciteta samog UPOV-a, a što je u uskoj vezi sa sustavom o kojem se radi, da li je mješoviti sustav ili pak razdjelni sustav odvodnje.

Razlika između dva navedena sustava je u tome što se kod mješovitog sustava sanitarne, industrijske i oborinske otpadne vode sakupljaju zajedno te istim cjevovodima dovode do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Takvi sustavi najčešće imaju izvedena kišna rasterećenja gdje se prilikom većih protoka (veće oborine) kroz preljevne građevine ispusti dio razrijeđenih otpadnih voda bez pročišćavanja, a s ciljem smanjenja protoka u samom sustavu nizvodno od rasterećenja. Dakle, bilo bi neefikasno graditi UPOV koji će prihvatiti maksimalno vršno opterećenje koje će se dogoditi primjerice jednom godišnje, stoga se UPOV projektira na detaljnom analizom utvrđeni kapacitet.

S druge strane, kod razdjelnih sustava, samo sanitarne i industrijske vode se prihvaćaju u sustav odvodnje te se sustav dimenzionira na maksimalno opterećenje koje se može pojaviti.

Na slici 2.5. prikazane su shematske skice oba sustava odvodnje otpadnih voda.



Slika 2.5. Osnovni tipovi sustava odvodnje [8]

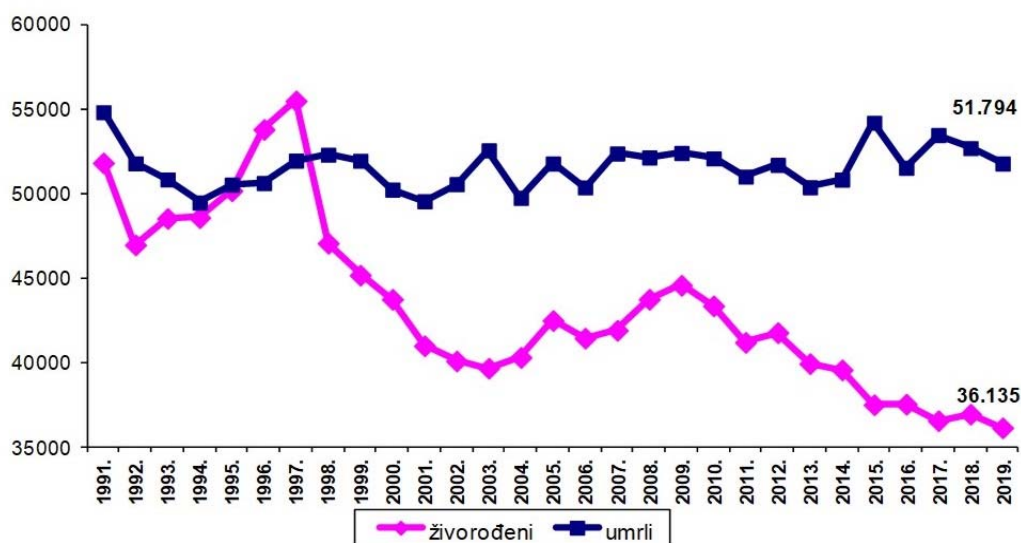
### 2.2.1. Trendovi kretanja broja stanovnika na području RH i na području obuhvata projekta

Unazad nekoliko desetaka godina u Hrvatskoj se javljaju problemi uzrokovani negativnim demografskim kretanjima. Negativna demografska kretanja su posebno izražena posljednjih nekoliko godina zbog sve većeg iseljavanja stanovništva.

Za samu procjenu kretanja stanovništva potrebno je analizirati postojeću demografsku situaciju kao i buduća kretanja stanovništva koja se temeljem raznih podataka i parametra mogu djelomično predvidjeti. No ipak, temeljna odrednica prilikom procjene je prirodno kretanje stanovništva tj. odnos nataliteta i mortaliteta (*Slika 2.6.*).

Kao i u Hrvatskoj, tako i u svijetu, negativno prirodno kretanje stanovništva nije rijetka pojava. Na smanjenje nataliteta najznačajniji utjecaj imaju društveni, gospodarski i soci-psihološki faktori (iseljavanje stanovništva radno-sposobne i fertile dobi, veća zaposlenost žena, suvremeni način života gdje se obitelji odlučuju za manji broj djece, itd.). S druge strane useljavanje u Hrvatsku je neznatno te se na taj način ne može nadoknaditi negativni trend kretanja stanovništva.

Hrvatska se godinama suočava s depopulacijom, smanjenjem broja stanovnika, a što se jasno uočava i u strukturi stanovništva, kroz starenje ukupnog stanovništva. Iz svega navedenoga, za očekivati je da će se ovakvi negativni trendovi kretanja stanovništva nastaviti.



Izvor podataka: Državni zavod za statistiku, 2020. godine  
Obrada podataka: Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2020. godine

Slika 2.6. Prirodno kretanje stanovništva RH kroz razdoblje 1991. - 2019. [9]

## 2.2.2. Postojeći podaci o stanovništvu na promatranom području

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine na cijelom području otoka Raba živjelo je 9.328 stanovnika od čega 86% u gradu Rabu, a ostalih 14% na području općine Lopar. Na području obuhvata projekta, aglomeraciji Supetarska Draga, a koje je mjerodavno za definiranje kapaciteta predmetnog UPOV-a živjelo je 2.966 stanovnika [5].

**Tablica 2.1.** Usporedba popisa stanovništva iz 2001. i 2011. godine na promatranom području [5]

| POPIS<br>STANOVNIŠTVA | Popis 2001.  |              | Popis 2011.  |              | Razlika     |            |            |            |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|
|                       | Naselje      | Stanovnici   | Kućanstva    | Stanovnici   | Kućanstva   | Stanovnici | %          | Kućanstva  |
| Banjol                | 1.971        | 678          | 1.907        | 692,00       | -64         | -3%        | 14         | 2%         |
| Barbat                | 1.205        | 427          | 1.242        | 473,00       | 37          | -3%        | 46         | 11%        |
| Kampor                | 1.293        | 336          | 1.173        | 363,00       | -120        | -9%        | 27         | 8%         |
| Mundanije             | 509          | 151          | 520          | 173,00       | 11          | 2%         | 22         | 15%        |
| Palit                 | 1.593        | 498          | 1.687        | 635,00       | 94          | 6%         | 137        | 28%        |
| Rab                   | 554          | 221          | 437          | 207,00       | -117        | -21%       | -14        | -6%        |
| Supetarska Draga      | 1.164        | 340          | 1.099        | 381,00       | -65         | -6%        | 41         | 12%        |
| Lopar                 | 1.191        | 403          | 1.263        | 490,00       | 72          | 6%         | 87         | 22%        |
| <b>UKUPNO</b>         | <b>9.480</b> | <b>3.054</b> | <b>9.328</b> | <b>3.414</b> | <b>-152</b> | <b>-2%</b> | <b>360</b> | <b>11%</b> |

U tablici 2.1. prikazani su podaci između dva popisa stanovništva koja su rađena 2001. i 2011. godine. Iz tih popisa je vidljivo da je na otoku Rabu, promatrajući cjelokupno stanovništvo došlo do pada broja stanovnika izuzev u nekoliko naselja.

Na području aglomeracije Supetarska Draga (označeno crvenom linijom), situacija je podjednaka. Naselja Supetarska Draga i Kampor bilježe pad broja stanovnika, dok je na području naselja Mundanije primjetan neznatan porast broja stanovnika. Dakle, na promatranom području je zabilježen pad od 117 stanovnika između dva popisa.

Što se tiče podataka o prirodnom prirastu, oni također potvrđuju da je unazad nekoliko godina, promatrajući ukupno područje, odnos između rođenih i umrlih negativan. U jednom trenutku neko naselje ima prirodni prirast, a već druge godine ponovo negativni trend. Takvi pozitivni trendovi koji se dogode jednog trenutka, ne utječu bitno na dugoročni trend kretanja broja stanovnika.

Iz navedenoga se može zaključiti da je prirodni priraštaj na području obuhvata projekta generalno negativan.

### 2.2.3. Procjene kretanja stanovništva na promatranom području

Promatrajući *tablicu 2.1.* gdje je vidljiva usporedba između dva popisa stanovništva te trendove kretanja prirodnog prirasta koji su u blagom minusu, a imajući u vidu da se broj kućanstva iz godine u godinu povećava, za potrebe ovog projekta koji se planira na duži vremenski period, a s obzirom na očekivani razvoj predmetnog područja, potaknut prije svega razvojem turizma kao osnovne gospodarske grane, usvojen je i prihvaćen trend demografski blagog povećanja broja stanovnika na cjelokupnom području otoka Raba izuzev područja naselja Kampur.

Podaci iz *tablice 2.2.* koji se odnose se na predviđanje broja stanovnika na promatranom području preuzeti su iz „*Studije izvedivosti sustava odvodnje otpadnih voda na području aglomeracije Rab, Supetarska Draga i Lopar*“ [5].

**Tablica 2.2.** *Predviđeno kretanje broja stanovnika na promatranom području [5]*

| GRAD/NASELJE     | 2011.        | 2018.        | 2021.        | 2025.        | 2050.        | RAZLIKA<br>2011. - 2050. |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Banjol           | 1.907        | 1.920        | 1.926        | 1.934        | 1.983        | 76                       |
| Barbat           | 1.242        | 1.241        | 1.254        | 1.260        | 1.291        | 49                       |
| Kampur           | 1.173        | 1.141        | 1.127        | 1.109        | 1.003        | -170                     |
| Mundanije        | 520          | 524          | 525          | 527          | 541          | 21                       |
| Palit            | 1.687        | 1.699        | 1.704        | 1.711        | 1.754        | 67                       |
| Rab              | 437          | 440          | 441          | 443          | 454          | 17                       |
| Supetarska Draga | 1.099        | 1.107        | 1.110        | 1.113        | 1.143        | 44                       |
| Lopar            | 1.263        | 1.272        | 1.276        | 1.281        | 1.313        | 50                       |
| <b>UKUPNO</b>    | <b>9.328</b> | <b>9.344</b> | <b>9.363</b> | <b>9.378</b> | <b>9.482</b> | <b>154</b>               |

Iz *tablice 2.2.* u kojoj je procijenjeno kretanje stanovnika za projektni period, vidljivo je da se na cijelom otoku Rabu predviđa blago povećanje stanovnika za 154, dok se s druge strane na promatranom području aglomeracije Supetarska Draga (označenom crvenom linijom) i dalje bilježi pad broja stanovnika. Predviđa se da će na kraju projektnog perioda u aglomeraciji Supetarska Draga biti 105 stanovnika manje.

#### 2.2.4. Trendovi kretanja broja turista i turističkih kapaciteta na području aglomeracije Supetarska Draga

Otok Rab jedna je od prvih ujedno i najstarijih turističkih destinacija na sjevernom Jadranu. Snažan rast doživljava početkom 19. stoljeća kad se grade prvi hoteli i odmarališta za prihvata gostiju. Takav uzlazni trend ima sve do ratnih razdoblja kada počinje stagnacija i opadanje broja turista. 1960.-ih, nakon prestanka ratnih razdoblja, ponovo započinje snažan rast turizma uz značajne investicijske aktivnosti. Uzlazni trend traje ponovno do Domovinskog rata, nakon kojeg započinje gospodarska stagnacija. Posljednjih desetak godina ponovno započinje ubrzani razvoj turizma otoka koji traje i danas.

Otok Rab ima smještajni kapacitetu 17 hotela. Ima 2 veća i 1 manji kamp, 2 ACY marine, 2 turistička naselja, pansioni, vile, apartmani i sobe za smještaj u privatnim kućama [10].

Otok Rab je sa svojih 30 pješčanih plaža, čistim, toplim i plitkim morem idealna destinacija za cijelu obitelj. Također, osim pješčanih plaža postoje nudističke plaže, osamljene uvale, plaže za pse i sl. Na slici 2.7. prikazane su neke od plaža i uvala s područja Supetarske Drage.



**Slika 2.7.** Neke od plaža i uvala na području aglomeracije Supetarska Draga  
(Izvor slika lijevo:[11]; Izvor slika desno: [12])

### 2.2.5. Smještajni turistički kapaciteti

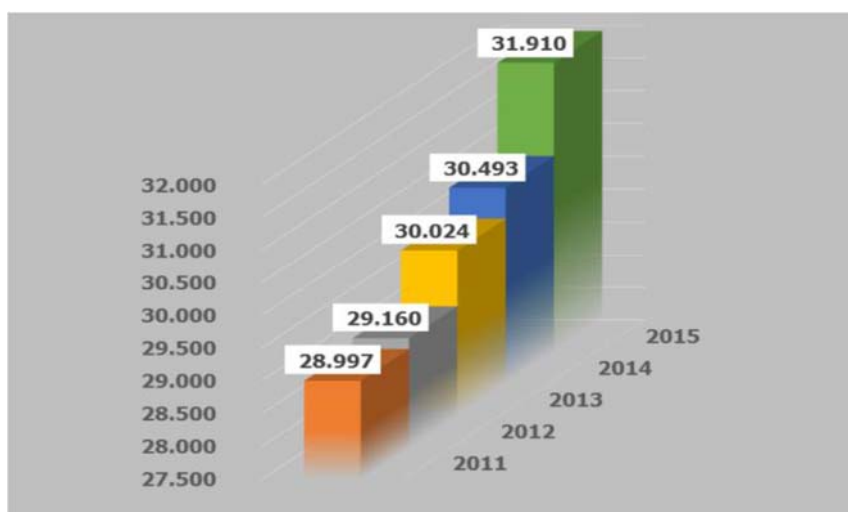
Što točniji podaci o raspoloživim turističkim kapacitetima su vrlo važni zbog analize postojećeg stanja te direktnog utjecaja na određivanje potrebnog kapaciteta UPOV-a, a sve zbog velikih oscilacija u opterećenjima ljeto-zima (u ljetnoj sezoni, zbog turizma se broj stanovnika povećava nekoliko puta).

Prema dostupnim podacima turističkih zajednica, na otoku Rabu ima preko 30.000 smještajnih kapaciteta a što je prikazano u *tablici 2.3.* [5]. Velika većina od ukupnog kapaciteta odnosi se na turističke kapacitete u obiteljskom smještaju, više od 60%.

Iz *slike 2.8.*, a prema dostupnim podacima, može se zaključiti da na godišnjoj razini dolazi do blagog povećanja broja turističkih smještajnih kapaciteta.

**Tablica 2.3.** Raspored smještajnih kapaciteta 2015. godine na promatranom području [5]

| GRAD/NASELJE     | PRIVREDA         | KUĆANSTVA           | UKUPNI SMJEŠTAJ |
|------------------|------------------|---------------------|-----------------|
|                  | Hoteli / Kampovi | Obiteljski smještaj |                 |
| Banjol           | 1.854            | 4.238               | 6.092           |
| Barbat           | 0                | 5.006               | 5.006           |
| Kampor           | 1.268            | 2.312               | 3.580           |
| Mundanije        | 0                | 320                 | 320             |
| Palit            | 275              | 2.713               | 2.988           |
| Rab              | 544              | 220                 | 764             |
| Supetarska Draga | 0                | 3.121               | 3.121           |
| Lopar            | 5.116            | 4.923               | 10.039          |
| <b>UKUPNO</b>    | <b>9.057</b>     | <b>22.853</b>       | <b>31.910</b>   |



**Slika 2.8.** Kretanje smještajnih kapaciteta otoka Raba [5]

## 2.2.6. Procjene kretanja turističkih kapaciteta na promatranom području

Temeljem dostupnih prostornih planova otoka Raba te predmetnog područja aglomeracije Supetarska Draga, predviđen je daljnji razvoj i porast turističke ponude.

Podaci iz *tablice 2.4.* i *tablice 2.5.* koji se odnose na predviđanje broja turističkih kapaciteta, preuzeti su iz „*Studije izvedivosti sustava odvodnje otpadnih voda aglomeracije Rab, Supetarska Draga i Lopar*“ [5]. Preuzeti podaci u studiji su temeljeni na prijašnjim iskustvima prilikom izrade sličnih projekata da su projekcije razvoja prostora u prostornim planovima uglavnom preoptimistične.

U daljnjem proračunu je usvojen pretpostavljeni rast za privatni smještaj (apartmani i vikendice): 0,15 % i pretpostavljeni rast privrednog smještaja (hoteli, kampovi): 0,15 - 0,20 %.

**Tablica 2.4.** *Predviđeno kretanje broja turističkih kapaciteta u privatnom smještaju na promatranom području [5]*

| GRAD/ASELJE      | 2018.         | 2021.         | 2025.         | 2050.         | RAZLIKA<br>2011. - 2050. |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|
| Banjol           | 4.946         | 4.969         | 4.999         | 5.189         | 243                      |
| Barbat           | 4.942         | 4.965         | 4.995         | 5.185         | 243                      |
| Kampor           | 2.695         | 2.707         | 2.723         | 2.827         | 132                      |
| Mundanije        | 355           | 356           | 358           | 372           | 17                       |
| Palit            | 3.168         | 3.182         | 3.201         | 3.323         | 155                      |
| Rab              | 434           | 436           | 438           | 455           | 21                       |
| Supetarska Draga | 3.267         | 3.282         | 3.301         | 3.427         | 160                      |
| Lopar            | 4.563         | 4.583         | 4.611         | 4.787         | 224                      |
| <b>UKUPNO</b>    | <b>24.370</b> | <b>24.480</b> | <b>24.626</b> | <b>25.565</b> | <b>1.195</b>             |

Iz *tablice 2.4.* u kojoj je procijenjeno kretanje broja turističkih kapaciteta u privatnom smještaju, vidljivo je da se na cijelom otoku Rabu kao i na promatranom području aglomeracije Supetarska Draga (označenom crvenom linijom) predviđa blago povećanje turističkih kapaciteta u privatnom smještaju. Pretpostavlja se da će na kraju projektnog perioda u aglomeraciji Supetarska Draga turistički kapacitet u privatnom smještaju biti veći za 309.



**Tablica 2.5.** *Predviđeno kretanje broja turističkih kapaciteta u privrednom smještaju na promatranom području [5]*

| <b>GRAD/NASELJE</b> | <b>2018.</b> | <b>2021.</b> | <b>2025.</b> | <b>2050.</b> | <b>RAZLIKA<br/>2011. - 2050.</b> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|
| Banjol              | 1.900        | 1.911        | 1.927        | 2.025        | 125                              |
| Barbat              | 26           | 26           | 26           | 28           | 2                                |
| Kampor              | 1.158        | 1.163        | 1.170        | 1.215        | 57                               |
| Mundanije           | 0            | 0            | 0            | 0            | 0                                |
| Palit               | 234          | 236          | 238          | 250          | 16                               |
| Rab                 | 569          | 573          | 577          | 607          | 38                               |
| Supetarska Draga    | 0            | 0            | 0            | 0            | 0                                |
| Lopar               | 4.643        | 4.671        | 4.709        | 4.950        | 307                              |
| <b>UKUPNO</b>       | <b>8.530</b> | <b>8.580</b> | <b>8.647</b> | <b>9.075</b> | <b>545</b>                       |

Iz *tablice 2.5.* u kojoj je procijenjeno kretanje broja turističkih kapaciteta u privrednom smještaju (hoteli) vidljivo je da se na cijelom otoku Rabu kao i na promatranom području aglomeracije Supetarska Draga (označenom crvenom linijom) predviđa vrlo blago povećanje turističkih kapaciteta u privrednom smještaju. Pretpostavlja se da će na kraju projektnog perioda u aglomeraciji Supetarska Draga turistički kapacitet u privrednom smještaju biti veći za 57.

Iz priloženih analiza vidljivo je da se turistički kapaciteti u Supetarskoj Dragi uglavnom baziraju na privatnom smještaju, dok su privredni kapaciteti prisutni samo u naselju Kampor, a do kraja projektnog razdoblja se niti ne predviđa njihov značajni porast.

## **2.3. Potreban stupanj pročišćavanja UPOV-a Supetarska Draga**

### **2.3.1. Zakonodavstvo EU kojim se uređuje upravljanje i zaštita vodama**

Zakonodavstvo EU u području pravne zaštite i upravljanja vodama temelji se na *Okvirnoj direktivi o vodama (2000/60/EEZ)* (ODV) [13]. ODV se u Europi želi primijeniti u režim upravljanja cjelokupnim vodnim područjem. ODV je sustav zamišljen za zaštitu svih voda te postavlja jasne ciljeve. Jedan od takvih ciljeva je da se "dobro stanje voda" treba postići u Europi do kraja 2015. godine. Budući da je RH ušla u EU tek 2013. godine ima na raspolaganju dodatno vrijeme za potpuno usklađenje s direktivom. Također je direktivom propisan cilj da se na području cijele Europe provodi održivo korištenje voda tj. da se može održavati s vremenom bez potrebe za iscrpljivanjem prirodnih resursa ili nanošenjem ozbiljne štete okolišu.

ODV se sastoji od nekoliko desetaka zasebnih direktiva iz sektora upravljanja vodama od kojih je među važnijima EU direktiva „*Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, 91/271/EEZ*“. Direktiva 91/271/EEZ je stupila na snagu 1991. godine te regulira upravljanje komunalnih otpadnih voda u smislu prikupljanja i pročišćavanja, a značajna je u zaštiti prihvatnih površinskih voda i vodenog okoliša.

Glavni ciljevi Direktive 91/271/EEZ:

- primijeniti standarde efluenta (količine i kakvoće otpadnih voda)
- zaštititi okoliš od negativnih učinaka ispusta otpadnih voda

Iako je prethodno naveden rok provedbe zahtjeva sadržanih u Direktivi 91/271/EEZ do kraja 2015. godine, nove države članice su dogovarala određena prijelazna razdoblja za provedbu Direktive 91/271/EEZ, tako je RH zatražila prijelazno razdoblje od 12 godina, a prema kojem se provedba pune direktive očekuje do 01.01.2024. godine.

Direktiva 91/271/EEC ne zahtijeva izradu sustava odvodnje otpadnih voda te pročišćavanje voda za aglomeracije manje od 2.000 ES. U slučaju da su takva manja naselja opremljena sustavima odvodnje, potrebno je prikupljene otpadne voda pročistiti na odgovarajući način.

Najbitniji zahtjevi sadržani u Direktivi 91/271/EEZ odnose se na uspostavljanje sustava odvodnje i potrebnog stupnja pročišćavanja, ovisno o osjetljivosti područja za aglomeracije > 2.000 ES, pri čemu su kriteriji i rokovi gradnje različiti za aglomeracije < 10.000 ES, odnosno za > 10.000 ES [13].

### 2.3.2. Zakonodavstvo RH kojim se uređuje upravljanje i zaštita vodama

Direktiva 91/271/EEZ je u hrvatsku regulativu provedena kroz „Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda“.

Cjelokupan pravni okvir u RH kojim se uređuje upravljanje i zaštita vodama definiran je:

- *Zakon o vodama (NN 66/19)*
- *Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20)*
- *Uredba o standardu kakvoće voda (NN 96/19)*

Osim obveznog stupnja pročišćavanja definiranog Direktivom 91/271/EEC tj. „Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda“, stupanj potrebnog pročišćavanja ovisi i o osjetljivosti područja, odnosno prijammika u kojeg se ispušta pročišćena voda.



Slika 2.9. Kartografski prikaz osjetljivih područja u RH [14]

**Tablica 2.6.** *Zahtjevi za određivanje potrebnog stupnja pročišćavanja ovisno o veličini aglomeracije [15]*

| OSJETLJIVOST PODRUČJA | VELIČINA AGLOMERACIJE | SUSTAV ODVODNJE               | STUPANJ PROČIŠĆAVANJA  |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
| NORMALNO              | < 2.000 ES            | Bez zahtjeva                  | Odgovarajući (najmanje I. stupanj), za postojeći sustav odvodnje |
|                       | 2.000 - 10.000 ES     | Opremiti sa sustavom odvodnje | Odgovarajući (najmanje I. stupanj),                              |
|                       | > 10.000 ES           | Opremiti sa sustavom odvodnje | prvi (I) + drugi (II)  |
| OSJETLJIVO            | < 2.000 ES            | Bez zahtjeva                  | Odgovarajući (najmanje I. stupanj), za postojeći sustav odvodnje |
|                       | 2.000 - 10.000 ES     | Opremiti sa sustavom odvodnje | Odgovarajući (najmanje II. stupanj),                             |
|                       | > 10.000 ES           | Opremiti sa sustavom odvodnje | prvi (I) + drugi (II) + treći (III)                              |

Podaci iz *tablice 2.6.* su mjerodavni za određivanje potrebnog stupnja pročišćavanja UPOV-a. Potreban stupanj pročišćavanja ovisi o veličini aglomeracije, sustavu odvodnje te o osjetljivosti područja u kojeg se ispušta efluent tj. pročišćena otpadna voda.

**Tablica 2.7.** *Granične vrijednosti pokazatelja u efluentu [15]*

| STUPANJ PROČIŠĆAVANJA | POKAZATELJ                                    | GRANIČNA VRIJEDNOST           | NAJMANJE SMANJENJE ULAZNOG OPTEREĆENJA |
|-----------------------|---|-------------------------------|--|
| I                     | Suspendirane tvari                            | -                             | 50%                                    |
|                       | Biokemijska potrošnja kisika BPK <sub>5</sub> | -                             | 20%                                    |
| II                    | Suspendirane tvari                            | 35 mg/l                       | 90%                                    |
|                       | Biokemijska potrošnja kisika BPK <sub>5</sub> | 25 mg O <sub>2</sub> /l       | 70%                                    |
|                       | Kemijska potrošnja kisika - KPK               | 125 mg O <sub>2</sub> /l      | 75%                                    |
| III                   | Ukupni fosfor                                 | 2 mg P/l<br>10.000-100.000 ES | 80%                                    |
|                       | Ukupni dušik                                  | 15 mg N/l                     | 70%                                    |

U *tablici 2.7.* su prikazane granične vrijednosti pokazatelja tereta zagađenja otpadne vode kao i najmanje potrebno smanjenje ulaznog opterećenja iskazanog u postocima (%) koje se mora postići prilikom ispuštanja efluenta, a koje ovisi o potrebnom stupnju pročišćavanja.

### **2.3.3. Potreban stupanj pročišćavanja UPOV-a Supetarska Draga**

S obzirom na prethodno navedene zakonske i podzakonske aktove, direktive i pravilnike te s obzirom na predviđeno opterećenje, na području aglomeracije Supetarska Draga potrebno je izvesti UPOV s prvim (I) stupanjem pročišćavanja.

Za uređaj s prvim (I) stupanjem pročišćavanja, zahtjeva se obrada komunalnih otpadnih voda fizikalnim i/ili kemijskim postupkom koji obuhvaća taloženje suspendiranih tvari ili druge postupke u kojima se BPK<sub>5</sub> ulaznih otpadnih voda smanjuje za najmanje 20% prije ispuštanja, a ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda za najmanje 50% [15].

### 3. PRORAČUN (definiranje hidrauličkog i masenog opterećenja)

Prilikom proračuna potrebnog kapaciteta UPOV-a važno je što točnije proračunati opterećenje koje dolazi do uređaja. Opterećenje UPOV-a se razmatra u dvije kategorije: kao hidrauličko i biološko (maseno) opterećenje.

Hidrauličko opterećenje podrazumijeva količinu otpadne vode iz cijele aglomeracije koja se prihvaća u kanalizacijski sustav te dovodi na UPOV gdje se vrši pročišćavanje. To znači da UPOV mora biti projektiran i dimenzioniran da prihvati različite protoke koji ga opterećuju tijekom vremena te da zadovolji sve potrebne uvjete učinkovitosti. Različiti dijelovi uređaja se projektiraju tj. dimenzioniraju na različite protoke, npr. aerirani pjeskolov-mastolov (APM) se dimenzionira na maksimalni satni protok ( $q_{\max,h}$ ), dok se prethodni taložnik (PT) dimenzionira na srednji dnevni protok ( $Q_{sr,dn}$ ).

Biološko (maseno) opterećenje je pokazatelj tereta zagađenja otpadnih voda. Podrazumijeva količinu otpada i hranjivih tvari koje se nalaze u otpadnoj vodi, kao i njihov sastav. Količina biološkog opterećenja najviše ovisi o vrsti otpadnih voda (kućanske, oborinske, industrijske). Prilikom određivanja biološkog opterećenja najčešće se koristi pojam ekvivalent stanovnik“ (ES). ES je univerzalni pokazatelj biološkog opterećenja definiran na način da 1 ES predstavlja jednog prosječnog čovjeka. Industrija koja ima teže opterećene vode daje veći broj ES.

U *tablici 3.1.* prikazana su najčešća specifična biološka opterećenja koja proizvede 1 ES tj. čovjek tijekom jednog dana.

**Tablica 3.1.** *Specifična dnevna biološka opterećenja koja generira 1 ES*

| PARAMETAR        | VRIJEDNOST | MJERNA JEDINICA     | SMJERNICE                            |
|------------------|------------|---------------------|--------------------------------------|
| BPK <sub>5</sub> | 60 g       | BPK <sub>5</sub> /d | Biološka petodnevna potrošnja kisika |
| KPK              | 120 g      | KPK/d               | Kemijska potrošnja kisika            |
| TSS              | 70 g       | TSS/d               | Suspendirane tvari                   |
| TN               | 11 g       | TN/d                | Ukupni dušik                         |
| TP               | 1,8 g      | TP/d                | Ukupni fosfor                        |

Da bi se što točnije dobili podaci hidrauličkog i biološkog opterećenja potrebna je provedba analiza potreba za uslugama vodoopskrbe kao i odvodnje tijekom projektnog razdoblja za kojeg je predviđena eksploatacija objekta. U ovom slučaju projektni period je 30 godina. Projektni period osim vremena poslovanja pokriva i vrijeme potrebno za izgradnju (2021. - 2023.godine) te priključivanje i puštanje u pogon (2023. - 2025. godine).

Popis analiza potrebnih za provedbu proračuna [5]:

- **Analiza potreba za kategoriju potrošača – kućanstva**
  - Prikupljanje i analiza podataka o potrošnji pitke vode
  - Određivanje specifične potrošnje vode –  $q_{\text{spec,st}}$  (l/st dan),
  - Određivanje mjerodavne količine proizvedene otpadne vode po stanovniku preko koeficijenta umanjenja specifične potrošnje vode –  $W_{\text{wwd}}$  (l/st dan)
  - Određivanje ukupne količine otpadnih voda
  
- **Analiza potreba za kategoriju potrošača – gospodarstvo**
  - Prikupljanje i analiza podataka o ukupnoj potrošnji pitke vode
  - Određivanje mjerodavne generirane količine otpadne vode po korisniku preko koeficijenta umanjenja
  - Utvrđivanje dopuštenih vrijednosti iz Vodopravne dozvole
  - Određivanje ukupne količine i sastava otpadnih voda
  
- **Analiza potreba za kategoriju potrošača – poljoprivreda**
  - Prikupljanje i analiza podataka o ukupnoj potrošnji pitke vode (isporučene količine) i broju priključaka

Također je za kvalitetan izračun hidrauličkog i biološkog opterećenja uređaja temeljem procijenjenih fakturiranih količina pitke vode za sve kategorije potrošača potrebno napraviti sljedeće izračune:

- **Za kategoriju potrošača –kućanstva**
  - $Q_{D,aM}$  ( $m^3/god$ ) – ukupni srednji godišnji protok otpadne vode
  - ES – broj planiranih stanovnika spojenih na sustav odvodnje i pročišćavanja
- **Za kategoriju potrošača– gospodarstvo**
  - $Q_{ind,aM}$  ( $m^3/god$ ) – ukupni srednji godišnji protok otpadne vode

Temeljem odgovarajućih ATV-DVWK-A 198E smjernica [16] (Njemački standardi) definiraju se svi ostali parametri uzimajući u obzir sustav odvodnje, u promatranom slučaju razdjelni, a kako bi se u konačnici odredilo:

- **Mjerodavno hidrauličko opterećenje UPOV-a:**
  - $Q_{DW,h,max}$  (l/s) – maksimalni sušni dotok
  - $Q_{comb,h,max}$  (l/s) – maksimalni kišni dotok
- **Mjerodavno biološko opterećenje UPOV-a:**
  - BPK<sub>5</sub> (petodnevna biokemijska potreba kisika pri temperaturi 20°C)
  - KPK (kemijska potrošnja kisika)
  - SS (suspendirane tvari)
  - TN (ukupni dušik)
  - TP (ukupni fosfor)

Kao temelj za izradu analize potreba predmetnog područja korišteni su sljedeći podaci:

- Broj stalnog stanovništva (*izvor: Državni zavod za statistiku - DZS*)
- Turistički kapaciteti (*izvor: nadležne turističke zajednice - TZ*)
- Broj priključaka na sustav vodoopskrbe (*izvor: nadležni isporučitelj vodnih usluga*)
- Broj priključaka na sustav odvodnje (*izvor: nadležni isporučitelj vodnih usluga*)
- Fakturirane količine pitke vode (*izvor: nadležni isporučitelj vodnih usluga*)



### 3.1. Određivanje opterećenja UPOV-a Supetarska Draga

Za potrebe ovog rada nisu rađene posebne analize o broju stanovnika, turističkim kapacitetima, broju priključaka na sustav vodoopskrbe, broju priključaka na sustav odvodnje te na fakturirane količine vode, a koji su vrlo važni u procesu izračuna opterećenja UPOV-a.

Svi prethodno navedeni podaci prikazani su pojednostavljeno ili su preuzeti direktno iz „*Studije izvedivosti sustava odvodnje otpadnih voda aglomeracije Rab, Supetarska Draga i Lopar*“ [5], a gdje su za navedene podatke izvršena razna prikupljanja, iteracije te procjene da bi se došlo po odgovarajućih podataka za proračun.

Uzimajući u obzir da je područje aglomeracije Supetarska Draga turističko te da se broj stanovnika u ljetnom periodu povećava višestruko, lako se dolazi do zaključka da se javljaju velike oscilacije u dotoku otpadnih voda kao i opterećenja na UPOV. Iz tog razloga, bilo je potrebno izraditi proračun za dva godišnja perioda odnosno ljeto i zimu, a u svrhu određivanja maksimalnih i minimalnih vrijednosti opterećenja koja dolaze na UPOV. Hidrauličko i biološko opterećenje sastoji se od opterećenja sljedećih kategorija: kućanstva, privreda (hoteli, kampovi) i septičke/sabirne jame.

Dimenzioniranje UPOV-a provodi se prema danu najvećeg hidrauličkog i biološkog opterećenja. U proračun je također uzeto da je u danu najvećeg opterećenja popunjenost turističkih kapaciteta priključenih na sustav odvodnje potpuna.

Dimenzioniranje je provedeno prema ATV-DVWK-A 198E smjernicama [16].

U *tablici 3.2.* prikazana su procijenjena biološka opterećenja koja su bitna za određivanje opterećenja UPOV-a.

**Tablica 3.2.** Procijenjena opterećenja po kategorijama korisnika [5]

| PARAMETAR        | KUĆANSTVA<br>g/ES/dan | PRIVREDA<br>mg/l | SEPTIČKE/SABIRNE JAME<br>mg/l |
|------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|
| BPK <sub>5</sub> | 60 g                  | 250              | 2.800                         |
| KPK              | 120 g                 | 700              | 5.600                         |
| TSS              | 70 g                  | 300              | 3.000                         |
| TN               | 11 g                  | 50               | 350                           |
| TP               | 1,8 g                 | 10               | 100                           |

U proračunu [5] su korištene sljedeće pretpostavke:

- **Otpadne vode kućanstva**

Podrazumijevaju samo otpadne vode iz stambenih objekata. U izravnoj su vezi s urbanim potrošnim vodoopskrbnim vodama. Zbog toga značajke vodoopskrbnog sustava izravno utječu i na značajke kanalizacijskog sustava. Najveći dio potrošnih voda (u konkretnom slučaju pretpostavljeno 80%) se ispušta u sustav odvodnje, a samo manji dio predstavlja gubitke kod uporabe.

- **Otpadne vode iz privrede**

Za izračunavanje generirane otpadne vode prema potrošnji pitke vode korišten je koeficijent umanjenja specifične potrošnje  $K = 0,80$ . Prilikom prognoze za 30 godišnje plansko razdoblje potreba za pitkom vodom privrednih subjekata, definiran je blagi porast, iz čega proizlazi da je prisutan trend blagog porasta količina otpadnih voda.

- **Otpadne vode iz septičkih/sabirnih jama**

Sadržaj sabirnih/septičkih jama predviđen je da će se prazniti istom dinamikom kao i u proteklim godinama, ovisno o volumenu jame, jednom godišnje. Za izračun opterećenja, prema iskustvenim pokazateljima korištena je vrijednost  $BPK_5 = 2.800 \text{ mgO}_2$ .

- **Infiltracija u sustav odvodnje**

Infiltracija je izračunata temeljem izmjerenih količina otpadnih voda koje su došle na lokaciju UPOV-a i omjera priključenog broja kućanstava i privrednih potrošača. Iz tog razloga korišten je koeficijent  $f = 0,3$ . Budući da pri pojavi oborina (kišni protok) dolazi do povećanja infiltracije u sustav odvodnje, korišten je koeficijent  $k = 1,2$ .

Popis i objašnjenje mjerodavnih protoka korištenih pri proračunu:

- $Q_D$  protok otpadne vode iz kućanstva
- $Q_{ind}$  količine otpadnih voda iz privrede
- $Q_{sep}$  količine otpadnih voda iz sabirnih jama
- $Q_{ww} = Q_D + Q_{ind} + Q_{sep}$  ukupni protok otpadne vode
- $Q_{inf} = f_{inf} \times Q_{ww}$  tuđe vode
- $Q_{Dw} = Q_{ww} + Q_{inf}$  sušni protok
- $Q_{comb} = f \times Q_{ww} + Q_{inf}$  kišni protok

Svi ulazni podaci potrebni za dimenzioniranje UPOV-a Supetarska Draga prikazani su u *tablici 3.3. i tablici 3.4.*

U navedenim tablicama su prikazani podaci za 3 godine i to za 2019., 2025. i 2050. 2019. godina je prikazana iz razloga što je to zadnja godina s podacima prikupljenim direktno s terena. Sljedeća prikazana godina je 2025. godina kao godina kada se očekuje puštanje UPOV-a u pogon. Zadnja prikazana godina je 2050. godina i to kao završna godina projektnog razdoblja.

**Tablica 3.3.** *Biološko i hidrauličko opterećenje UPOV-a Supetarska Draga u mjesecu prosječne potrošnje izvan turističke sezone [5]*

| PARAMETRI                          |                  | JEDINICA MJERE | 2019. | 2025.  | 2050.  |
|------------------------------------|------------------|----------------|-------|--------|--------|
| Ukupni broje ekvivalent stanovnika |                  | ES             | 1.977 | 2.933  | 2.891  |
| Kućanstva                          |                  | ES             | 882   | 2.476  | 2.418  |
| Privreda                           |                  | ES             | 134   | 305    | 321    |
| Septičke/sabirne jame              |                  | ES             | 961   | 152    | 152    |
| Ukupne količine otpadnih voda      | $Q_{ww,aM}$      | $m^3/mj$       | 3.895 | 10.238 | 10.192 |
| Kućanstva                          | $Q_{D,aM}$       | $m^3/mj$       | 2.930 | 8.045  | 7.882  |
| Privreda                           | $Q_{ind,aM}$     | $m^3/mj$       | 965   | 2.193  | 2.310  |
| Kućanstva                          | $Q_{D,h,max}$    | $m^3/h$        | 8     | 22     | 22     |
| Privreda                           | $Q_{ind,h,max}$  | $m^3/h$        | 3     | 6      | 6      |
| Septičke/sabirne jame              | $Q_{sep,h,max}$  | $m^3/h$        | 3     | 0      | 0      |
| Infiltracija tuđih voda            | $Q_{inf,aM}$     | $m^3/mj$       | 1.169 | 3.071  | 3.059  |
| Infiltracija tuđih voda            | $Q_{inf,h}$      | $m^3/h$        | 2     | 4      | 4      |
| Maksimalni sušni protok            | $Q_{DW,h,max}$   | $m^3/h$        | 15    | 33     | 33     |
| Maksimalni kišni protok            | $Q_{comb,h,max}$ | $m^3/h$        | 17    | 39     | 39     |
| Kemijska potrošnja kisika          | KPK              | kg/d           | 244   | 367    | 362    |
| Biokemijska potrošnja kisika       | BPK <sub>5</sub> | kg/d           | 119   | 176    | 173    |
| Suspendirane tvari                 | TSS              | kg/d           | 133   | 205    | 202    |
| Ukupni dušik                       | TN               | kg/d           | 19    | 32     | 32     |
| Ukupni fosfor                      | TP               | kg/d           | 4     | 6      | 5      |

**Tablica 3.4.** *Biološko i hidrauličko opterećenje UPOV-a Supetarska Draga u mjesecu maksimalne potrošnje u turističkoj sezoni [5]*

| PARAMETRI                          |                  | JEDINIC<br>A MJERE | 2019.  | 2025.  | 2050.  |
|------------------------------------|------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| Ukupni broje ekvivalent stanovnika |                  | ES                 | 4.627  | 9.721  | 9.937  |
| Kućanstva                          |                  | ES                 | 3.167  | 8.221  | 8.382  |
| Privreda                           |                  | ES                 | 499    | 1.348  | 1.403  |
| Septičke/sabirne jame              |                  | ES                 | 961    | 152    | 152    |
| Ukupne količine otpadnih voda      | $Q_{ww,aM}$      | $m^3/mj$           | 19.306 | 49.107 | 51.448 |
| Kućanstva                          | $Q_{D,aM}$       | $m^3/mj$           | 12.569 | 33.184 | 34.710 |
| Privreda                           | $Q_{ind,aM}$     | $m^3/mj$           | 6.737  | 15.923 | 16.738 |
| Kućanstva                          | $Q_{D,h,max}$    | $m^3/h$            | 25     | 67     | 70     |
| Privreda                           | $Q_{ind,h,max}$  | $m^3/h$            | 14     | 32     | 34     |
| Septičke/sabirne jame              | $Q_{sep,h,max}$  | $m^3/h$            | 3      | 0      | 0      |
| Infiltracija tuđih voda            | $Q_{inf,aM}$     | $m^3/mj$           | 1.169  | 3.071  | 3.059  |
| Infiltracija tuđih voda            | $Q_{inf,h}$      | $m^3/h$            | 2      | 4      | 4      |
| Maksimalni sušni protok            | $Q_{DW,h,max}$   | $m^3/h$            | 43     | 104    | 108    |
| Maksimalni kišni protok            | $Q_{comb,h,max}$ | $m^3/h$            | 51     | 123    | 129    |
| Kemijska potrošnja kisika          | KPK              | kg/d               | 561    | 1.181  | 1.207  |
| Biokemijska potrošnja kisika       | BPK <sub>5</sub> | kg/d               | 278    | 583    | 596    |
| Suspendirane tvari                 | TSS              | kg/d               | 319    | 680    | 695    |
| Ukupni dušik                       | TN               | kg/d               | 48     | 107    | 109    |
| Ukupni fosfor                      | TP               | kg/d               | 9      | 18     | 18     |

Iz prethodnih tablica vidljivo je da će godina najvećeg opterećenja UPOV-a biti 2050. godina i to u ljetnom periodu, a što je i razumljivo uzimajući u obzir da je područje usko vezano uz turizam te se u tom periodu višestruko povećava broj stanovnika.

Najveće predviđeno opterećenje koje će se pojaviti iznosi 9.937 ES, a što zaokruženo daje 9.950 ES.

Dakle uz izvršen proračun opterećenja koje će doći na UPOV, a da se pritom zadovolje svi potrebni propisani uvjeti učinkovitosti, UPOV Supetarska Draga predviđen je kapaciteta 9.950 ES s prvim (I) stupnjem pročišćavanja.

Također, mora biti dimenzioniran na maksimalni kišni dotok otpadne vode koji iznosi  $Q_{comb,h,max} = 129 m^3/h$ , odnosno cca 36 l/s.

## 3.2. Tehnološki proračun objekata UPOV-A

Kao što je prethodno definirano, UPOV Supetarska Draga predviđen je kapaciteta 9.500 ES te prvog (I) stupnja pročišćavanja. Svaki UPOV ovisno o veličini tj. potrebnom kapacitetu i stupnju pročišćavanja se sastoji od više međusobno povezanih objekata.

Najvažniji objekti UPOV-a I. stupnja pročišćavanja su :

- Dovodni kanal
- Ulazni objekt sa grubom i finom rešetkom
- Ulazna crpna stanica
- Aerirani-pjeskolov mastolov
- Primarni taložnik

### 3.2.1. Proračun dovodnog kanala

Dovodni kanal kroz kojeg voda dolazi do grube, a zatim i fine rešetke, predviđen je da se izvede pravokutnog poprečnog presjeka od betona.

Dimenzije ulaznog kanala izračunavaju se na način da se po iskustvu i procjeni ovisno o protoku odabere širina kanala, pretpostavi se visina, a zatim se iterativnim postupkom pomoću Manningove formule (pad energetske linije) izračunava novi protok te zatim nova stvarna visina vode u kanalu.

- Manningova formula (pad energetske linije):

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

gdje su: Q – protok

n – Manningov koeficijent

A – površina omoćenog presjeka

R – hidraulički radijus (R=A/P)

S – nagib dna kanala

### Ulazni podaci korišteni za proračun dovodnog kanala:

$$Q_{\text{comb,h,max}} = 129 \text{ m}^3/\text{h} (0,036 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$n = 0,013$$

$$b = 0,30 \text{ m}$$

$$S [I] = 3 \text{ ‰}$$

$$v = 0,70 - 0,80 \text{ m/s}$$

Tablica 3.5. Iterativni postupak određivanja normalne dubine vode u dovodnom kanalu

| b<br>[m] | n<br>[1] | I<br>[1] | h <sub>pret</sub><br>[m] | Q <sub>mjer</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | P<br>[m] | R<br>[m] | Q <sub>rač</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | h <sub>novi</sub><br>[m] |
|----------|----------|----------|--------------------------|--|------------------------|----------|----------|---|--------------------------|
| 0,30     | 0,013    | 0,003    | 0,600                    | 0,036                                    | 0,180                  | 1,500    | 0,120    | 0,185                                   | 0,265                    |
| 0,30     | 0,013    | 0,003    | 0,265                    | 0,036                                    | 0,079                  | 0,829    | 0,096    | 0,070                                   | 0,189                    |
| 0,30     | 0,013    | 0,003    | 0,189                    | 0,036                                    | 0,057                  | 0,679    | 0,084    | 0,046                                   | 0,168                    |
| 0,30     | 0,013    | 0,003    | 0,168                    | 0,036                                    | 0,050                  | 0,635    | 0,079    | 0,039                                   | 0,161                    |
| 0,30     | 0,013    | 0,003    | 0,161                    | 0,036                                    | 0,048                  | 0,621    | 0,078    | 0,037                                   | 0,158                    |
| 0,30     | 0,013    | 0,003    | 0,158                    | 0,036                                    | 0,047                  | 0,617    | 0,077    | 0,036                                   | 0,158                    |

gdje su: b – širina kanala

n – Manningov koeficijent

I – nagib dna kanala

h<sub>pret</sub> – pretpostavljena visina

Q<sub>mjer</sub> – mjerodavni protok

A – površina omoćenog presjeka

P – perimetar omoćenog presjeka

R – hidraulički radijus (R=A/P)

Q<sub>rač</sub> – računski protok

h<sub>novi</sub> – nova visina

Iz tablice 3.5. definirane su dimenzije dovodnog kanala: **b= 0,30 m** i **h = 0,16 m**.

Brzina vode u kanalu:

$$v = \frac{Q_{\text{mjer}}}{A} = \frac{0,036}{0,30 \times 0,16} = 0,75 \text{ m/s}$$

### 3.2.2. Proračun ulazne crpne stanice

Ulazna crpna stanica je objekt koji se sastoji od crpnog bazena u kojem su smještene crpke koje služe za podizanje otpadne vode s niže razine na višu.

Projektom je predviđena ugradnja 3 pumpe, svaka kapaciteta 18 l/s. Predviđeno je da će 2 pumpe biti radne, a 1 rezervna. Također je odabran ciklus od 5 paljenja crpki na sat.

- Vrijeme između uključivanja crpki:

$$T = \frac{h}{n} = \frac{60}{5} = 15 \text{ min}$$

gdje su: T – vrijeme između uključivanja crpki

h – razdoblje od 1h

n – broj paljenja

- Empirijska formula za proračun korisnog volumena crpki:

$$V_{cs} = \frac{0,9 \times Q_{mjer}}{n} = \frac{0,9 \times 36}{5} = 6,46 \text{ m}^3$$

gdje su:  $V_{cs}$  – korisni volumen crpki

$Q_{mjer}$  – mjerodavni protok [l/s]

n – broj paljenja crpki

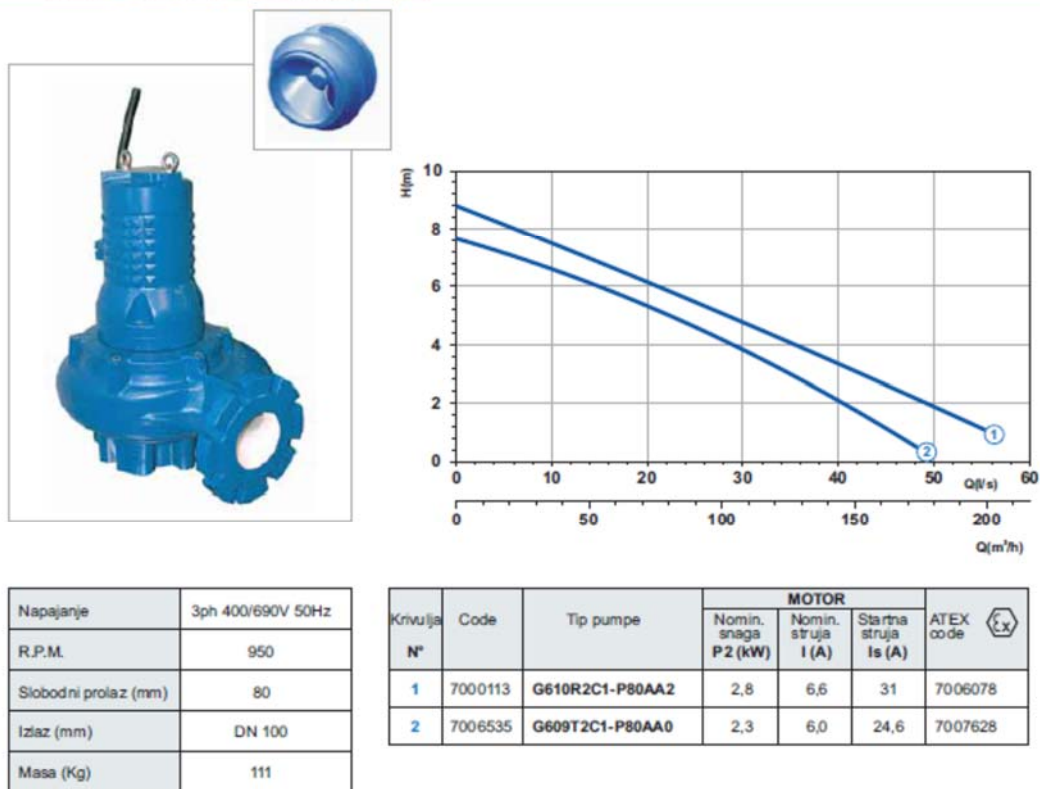
Odabrane su minimalne dimenzije potrebne za korisni volumen crpki:

$$B = 2,50 \text{ m}$$

$$L = 2,10 \text{ m}$$

$$H = 1,25 \text{ m}$$

$$V_{od} = 2,50 \times 2,10 \times 1,25 = 6,56 \text{ m}^3 \quad [ > 6,46 \text{ m}^3 ]$$



Slika 3.1. Odabrana crpka [17]

Specifikacija crpke:

Broj crpki – 2+1

Područje primjene – otpadna voda

Vrsta – potopna crpka

Protok – 18 l/s

Izlaz – DN 100

Visina dizanja – 5,00 m

Instalirana snaga – 2,30 kW

Minimalna dubina potapanja – 0,50 m



### 3.2.3. Proračun aeriranog pjeskolova-mastolova

APM je objekt u kojem se vrši uklanjanje pijeska i masti u svrhu zaštite elektrostrojarske opreme, izbjegavanje nakupljanja pijeska u dijelovima uređaja, uklanjanje masti i ulja te za poboljšanje prijenosa kisika u daljnjim postupcima obrade otpadne vode.

Dimenzioniranje APM-a se vrši na maksimalni satni protok ( $q_{\max,h}$ ).

Prilikom proračuna tj. određivanja dimenzija APM-a važno je poštivati osnovne smjernice:

- Preporučeno vrijeme zadržavanja: - razdjelni sustav:  $t = 10-20$  min  
- mješoviti sustav:  $t = 6-10$  min
- Površina poprečnog presjeka  $[B \times H]$ :  $A_{\text{pop}} = B \times H = 1,00 - 7,00 \text{ m}^2$
- Minimalna duljina pjeskolova:  $L_{\text{min}} = 8,00 \text{ m}$
- Omjer širine i duljine:  $B/L \leq 0,1$
- Omjer širine i dubine:  $B/H \leq 0,8 - 0,9$
- Širina mastolova:  $B_m = 0,2 \times B$
- Brzina:  $v_{\text{max}} = 0,1 \text{ m/s}$

#### Ulazni podaci korišteni za proračun APM-a:

Broj stanovnika = 9.500 ES

$Q_{\text{comb,h,max}} = 129 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $0,036 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Sustav odvodnje: *razdjelni*

Odabrano vrijeme zadržavanja: 10 min

**Tablica 3.6.** Proračunate dimenzije za aerirani pjeskolov-mastolov

| POKAZATELJ  | VRIJEDNOST | JED. MJERE     | SMJERNICE                                  |
|---|------------|----------------|--|
| Odabrano vrijeme zadržavanja:                     | 10         | min            | (10-20 min; razdjelni)                     |
| Potrebni volumen [ $V_{potr}$ ]:                  | 21,52      | m <sup>3</sup> | ( $V_{potr} = q_{mjer,od} \cdot t_{zad}$ ) |
| Odabrani broj linija [ $n_{lin}$ ]:               | 2          |                |  |
| Potrebni volumen svake linije [ $V_{lin}$ ]       | 10,76      | m <sup>3</sup> |  |
| Odabrana duljina linije [ $L_{od}$ ]:             | 10,00      | m              | ( $L_{min} = 8$ m)                         |
| Odnos širine i duljine linije:                    | 0,10       |                | ( $B/L \leq 0,1$ )                         |
| Širina linije [B]                                 | 1,00       | m              |  |
| Odabrana širina linije [ $B_{od}$ ]               | 1,00       | m              |  |
| Odnos širine i dubine linije:                     | 0,85       |                | ( $B/H = 0,8-0,9$ )                        |
| Dubina linije [H]:                                | 1,18       | m              |  |
| Odabrana dubina linije [ $H_{od}$ ]:              | 1,20       | m              |  |
| Površina poprečnog presjeka linije [ $A_{lin}$ ]: | 1,20       | m <sup>2</sup> | ( $A = 1-7$ m <sup>2</sup> )               |
| Proračunati volumen linije [ $V_{lin,pror}$ ]:    | 12,00      | m <sup>3</sup> | ( $L_{od} \cdot B_{od} \cdot H_{od}$ )     |
| Proračunati ukupni Volumen [ $V_{uk}$ ]:          | 24,00      | m <sup>3</sup> |  |
| Širina mastolova [ $B_m$ ]:                       | 0,20       | m              | ( $B_m = 0,2 B_{od}$ )                     |
| Horizontalna brzina tečenja [ $v_{hor}$ ]:        | 0,015      | m/s            | ( $v_{max} = 0,1$ m/s)                     |

Odabrane su dimenzije za aerirani pjeskolov-mastolov:

$$n_{lin} = 2$$

$$L_{od} = 10,00 \text{ m}$$

$$B_{od} = 1,00 \text{ m}$$

$$H_{od} = 1,20 \text{ m}$$

$$B_m = 0,20 \text{ m}$$

### 3.2.4. Proračun prethodnog taložnika

PT je objekt kojemu je cilj postupkom taloženja ukloniti lako taložive tvari i plivajući materijal te smanjiti sadržaj raspršenih krutina. Prema zakonskoj regulativi u primarnom taložniku je potrebno ukloniti min. 20% BPK<sub>5</sub> te min. 50% SS.

Dimenzioniranje PT-a se vrši za srednji dnevni protok ( $Q_{sr,dn}$ ).

Prilikom proračuna tj. određivanja dimenzija prethodnog taložnika važno je poštivati osnovne smjernice za površinsko opterećenje taložnika:

- Brzina protoka kroz taložnik:  $v_0 = 1,25 - 2,00 \text{ m/h} \rightarrow Q_{sr,dn}$   
 $v_0 = 2,50 - 5,00 \text{ m/h} \rightarrow q_{max,h}$
- Minimalna dubina taložnika:  $H_{min} = 2,00 \text{ m}$
- Odnos širine i duljine:  $B : L = 1:3 - 1:6$
- Max. brzina ispiranja čestica:  $v_{max} = 0,028 \text{ m/s}$

#### Ulazni podaci korišteni za proračun PT:

Broj stanovnika = 9.500 ES

$Q_{ww,dM} = 69 \text{ m}^3/\text{h} \quad (0,019 \text{ m}^3/\text{s})$

Sustav odvodnje: *razdjelni*

Odabrano vrijeme zadržavanja: 90 min

**Tablica 3.7.** Proračunate dimenzije za prethodni taložnik

| POKAZATELJ   | VRIJEDNOST | JEDINICA MJERE        | SMJERNICE                      |
|--|------------|-----------------------|--------------------------------|
| Površinsko opterećenje taložnika [ $v_0$ ]:        | 1,50       | m/h                   | (1,25-2,0 m/h)                 |
| Potrebni volumen [ $V_{potr}$ ]:                   | 103,93     | m <sup>3</sup>        |                                |
| Odabrani broj linija [ $n_{lin}$ ]:                | 2          |                       |                                |
| Potrebni volumen svake linije [ $V_{lin}$ ]:       | 51,96      | m <sup>3</sup>        |                                |
| Odabrana dubina linije [ $H_{od}$ ]                | 2,10       | m                     | ( $H_{min}=2,0m$ )             |
| Tlocrtna površina [ $A_{tloc}$ ]:                  | 49,49      | m <sup>2</sup>        |                                |
| Tlocrtna površina svake linije [ $A_{tloc,lin}$ ]: | 24,75      | m <sup>2</sup>        |                                |
| Odabrana širina linije [ $B$ ]:                    | 2,80       | m                     |                                |
| Odnos širine i duljine linije:                     | 3,50       |                       | ( $B:L = 1:3$ do $1:6$ )       |
| Proračunata duljina linije [ $L$ ]:                | 9,80       | m                     |                                |
| Odabrana duljina linije [ $L_{od}$ ]               | 9,50       | m                     |                                |
| Proračunati volumen linije [ $V_{lin,pror}$ ]      | 55,86      | m <sup>3</sup>        |                                |
| Brzina ispiranja čestica                           | 0,002      | m/s                   | ( $v_{max} = 0,028$ m/s)       |
| Opterećenje preljeva                               | 296,9      | m <sup>3</sup> /m dan | OP<500 [m <sup>3</sup> /m dan] |

Odabrane su dimenzije za prethodni taložnik:

$$n_{lin} = 2$$

$$H_{od} = 2,10 \text{ m}$$

$$B_{od} = 2,80 \text{ m}$$

$$L_{od} = 9,50 \text{ m}$$

## 4. OBLIKOVNO-FUNKCIONALNO I TEHNIČKO RJEŠENJE

U nastavku je dan opis tehnologije rada UPOV-a, kao i njegovih sastavnih dijelova. Predstavljeno je i tehnološko rješenje linije mulja.

Otpadna voda se iz dovodnih kanalizacijskih cijevi upušta u dovodni kanal gdje najprije prolazi mehanički predtretman, tj. kroz grubu rešetku, finu rešetku, ulaznu crpnu stanicu te APM. Nakon mehaničkog predtretmana vrši se I. stupanj pročišćavanja. Otpadna voda iz predtretmana se putem spojnog cjevovoda gravitacijski odvodi iz postojećeg objekta pjeskolova-mastolova do objekta za primarno taloženje.

### 4.1. Dovodni kanal

Dovodni kanal je objekt UPOV-a koji prihvaća otpadnu vodu iz kanalizacijskog sustava te ju dovodi i provodi kroz grubu i finu rešetku.

Dovodni kanal je betonski, izveden pravokutnog oblika širine  $b = 0,30$  m i visine  $h = 1,00$  m. Završni sloj betonske obloge kanala je fino zaglađen, tj. izveden je smanjene hrapavosti (Manningov koeficijent  $n = 0,013$ ) zbog osiguranja dovoljne brzine protoka vode ( $v > 0,40$  m/s), a da ne dođe do zaostajanja i taloženja krutih čestica. Prema izvršenom proračunu brzina u kanalu pri ljetnom režimu iznosi  $v = 0,75$  m/s, a u zimskom  $v = 0,51$  m/s, što je zadovoljavajuće. Kanal je izveden u padu od  $I = 3,00$  ‰.

Koristeći Manningovu formulu (pad energetske linije) za protok vode u otvorenim kanalima, a uz prethodno navedene parametre  $b = 0,30$  m,  $n = 0,013$ ,  $I = 3,00$  ‰ proračunata je dubina vode u kanalu za normalno tečenje te ona iznosi  $h = 0,16$  m.



Slika 4.1. Primjer dovodnog kanala [18]

## 4.2. Gruba rešetka

Gruba rešetka je objekt UPOV-a koji predstavlja prvi dio mehaničkog predtretmana te služi za uklanjanje većih krutina i plutajućih tvari koje bi mogle oštetiti elektrostrojarsku opremu.

Predviđena je izvedba automatske grube rešetke (*Slika 4.2.*) koja je dimenzionirana na vrijednost maksimalnog dotoka. Veličine svijetlih otvora rešetke iznose  $s = 40$  mm, što znači da se na rešetki zadržava sav krupni otpadni materijal veći od 35 - 40 mm. Gruba rešetka se postavlja u dovodni kanal pod kutom od  $75^\circ$ .

### 4.2.1. Princip rada

Uređaj se bočno i na dnu kanala kruto učvršćuje. Donji dio uređaja koji je potopljen u kanal, sadrži rešetku s lamelama predviđenog razmaka i par pogonskih lančanika. Na gornjem dijelu uređaja tj. na pogonsku osovinu, smješten je pogonski par lančanika s pogonskim elektromotorom. Na stražnjoj strani uređaja postavljen je ispust kroz koji sakupljeni materijal izlazi van i pada u kontejner komunalnog otpada. Lančanici rotacijom pogone lanac na kojem je zglobno postavljeno više češljeva. Rotacijom lančanika, češalj s lancem, kada je u putanji prema gore, podiže nakupljeni kruti otpad do brisača češlja smještenog na vrhu uređaja. Strugač skida prikupljeni materijal s češlja te isti ispada van kroz ispust. Nakon završenog ciklusa putovanja, češalj se zaustavlja na početnom položaju sve do sljedećeg automatskog starta [19].



**Slika 4.2.** *Primjer automatske grube lančane rešetke [19]*

### 4.3. Fina rešetka

Uloga fine rešetke je uklanjanje plutajućih krutina i raspršene tvari manjih čestica koje su prošle kroz grubu rešetku te dijelom izdvajanje manjeg postotka pijeska i masnoće.

Predviđena je automatska fina rešetka koja ima rotacijski bubanj (*Slika 4.3.*). Veličina svijetlih otvora rešetke iznosi  $s = 4 \text{ mm}$ , što znači da se na rešetki zadržava sav krupni materijal veći od 4 mm. Fina rešetka se postavlja u dovodni kanal pod kutom instalacije  $30 - 40^\circ$ .

#### 4.3.1. Princip rada

Na unutarnjoj strani rotirajućeg bubnja, struja otpadne vode nanosi kruti otpad koji se zadržava na lamelama bubnja s njegove unutarnje strane. Rotacijom bubanj podiže otpad na svoju gornju stranu. Na gornjoj strani, odmah iznad bubnja postavljena je sprejna letva s mlaznicama. Sprejna letva je preko elektromagnetskog ventila priključena na dovod čiste vode. Vodeni mlaz iz mlaznica skida nakupljeni krupni otpad i odbacuje ga prema sredini bubnja u otvoreno korito smješteno na donjem kraju spirale. Spirala transportira otpad do zone cijedenja-prešanja, gdje se nakon izdvajanja vode otpad izbacuje iz uređaja kroz ispust, obično u komunalni spremnik za kruti otpad. Na zonu prešanja izvana se preko elektromagnetskog ventila dovodi čista voda koja ispiru talog nastao prešanjem materijala. Tako isprani talog se onda odvodi crijevom i ispušta natrag na ulaznu stranu uređaja [19].



**Slika 4.3.** *Primjer automatske fine rešetke [19]*

#### 4.4. Ulazna crpna stanica

Prolaskom kroz automatsku grubu i finu rešetku, otpadne vode gravitacijskim cjevovodom dotječu te se slijevaju u sabirni bazen ulazne crpne stanice.

U crpnom bazenu su predviđene 3 crpke svaka kapaciteta  $Q = 18 \text{ l/s}$ , od kojeg su 2 radne i 1 rezervna u slučaju kvara na jednoj od radnih crpki. Crpke su potopne, centrifugalne te služe za dizanje vode do kanala iz kojeg se voda dalje gravitacijskim ulijeva u APM. Potrebna visina dizanja  $H_{man} = 4,50 - 5,00 \text{ m}$ . Tlačni cjevovod je promjera DN 100.

Crpni bazen je dimenzioniran na maksimalni satni protok otpadne vode koji iznosi  $Q_{max,h} = 36 \text{ l/s}$ . Predviđen je ciklus od 5 paljenja crpki na sat. Time su odabrane minimalne dimenzije crpnog bazena i proizlaze  $B = 2,50 \text{ m}$ ,  $L = 2,10 \text{ m}$  i  $H = 1,25 \text{ m}$ . Bazen je potrebno dodatno produbiti za cca 50 cm, što je preporuka proizvođača crpke, a zbog sprečavanja ulaska zraka u cjevovod. Također je u bazenu predviđena izvedba ulazne pregrade zbog smirivanja toka. Crpni bazen je izveden zatvorenog tipa. Gornji dio tj. strop bazena izveden je u razini terena, gdje se nalazi pristupno okno dimenzija  $80 \times 80 \text{ cm}$  kroz kojeg je omogućen pristup crpkama.



Slika 4.4. Primjer crpne stanice sa crpkama [20]



## 4.5. Aerirani pjeskolov-mastolov

Nakon podizanja otpadne vode iz crpnog bazena na višu kotu, ona dalje gravitacijski dotječe u APM. Uloga APM-a je zaštita elektrostrojarske opreme kroz izbjegavanje nakupljanja pijeska u dijelovima uređaja, uklanjanje masti i ulja te poboljšanje prijenosa kisika u daljnjim postupcima obrade otpadne vode.

Korištenjem kompresora, razvoda i difuzora za aeraciju upuhuje se zrak koji pospješuje razdvajanje masnoće i pijesaka iz otpadne vode pri čemu masnoće isplivavaju na površinu, dok se ostale teže čestice talože na dno.

APM je dimenzioniran na maksimalni satni protok otpadne vode koji iznosi  $Q_{max,h} = 36 \text{ l/s}$ . Predviđeno je vrijeme zadržavanje vode u bazen od 10 min (preporučeno vrijeme zadržavanja za razdjelni sustav:  $t = 10 - 20 \text{ min}$ ).

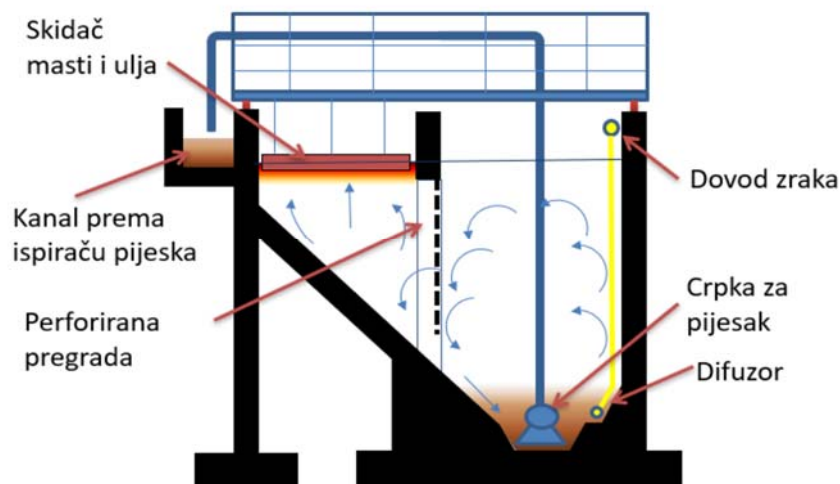
Proračunom je dobiveno da se APM izvede s dvije linije, svaka duljine 10,00 m, širine 1,00 m i dubine 1,20 m. Širina mastolova, odnosno odjeljka u kojeg isplivavaju masti i potom se zgrtačima skupljaju iznosi  $b_m = 0,20 \text{ m}$ . Zrak za aeraciju se upuhuje kroz cijevne difuzore smještene na dnu bazena pjeskolova. Prolaskom vode kroz objekt vrlo malom brzinom  $v = 0,015 \text{ m/s}$  (maksimalna brzina  $v_{max} = 0,1 \text{ m/s}$ ) odvija se taloženje pijeska i ostalih krutina veće gustoće na dnu objekta. Takav istaloženi pijesak na dnu se zatim zgrtačima zgrče u posebno izvedene odjeljke te se crpkama (tipa „Mamut“) crpi u posebnu komoru gdje se dalje transportira do klasirera na daljnju obradu. Za prihvat izdvojenih masnoća ugrađen je transporter kojim se masnoće odvajaju u pripadni kontejner smješten na nizvodnom dijelu pjeskolova-mastolova.

Za zgrtanje istaloženog pijeska i isplivanih masti na APM-u je izveden pokretni most za kojeg su pričvršćeni zgrtači.

Prolaskom kroz APM voda se prelijeva u korito dimenzija 1,20 m x 3,40 m koje je izvedeno u sklopu objekta, a iz kojeg gravitacijskim cjevovodom otječe do PT-a.

Oprema potrebna za funkcioniranje APM-a:

- tlačni cjevovod za dovod zraka DN 100
- cijevni difuzori
- pokretni most sa montiranim zgrtačima
- 2 kom crpke za transport pijeska (tipa „Mamut“)
- klasirer pijeska



Slika 4.5. Shematski prikaz poprečnog presjeka aeriranog pjeskolova-mastolova [8]

## 4.6. Klasirer pijeska

Klasirer pijeska je uređaj koji se koristi za izdvajanje pijeska koji nastaje u procesu mehaničkog pročišćavanja otpadnih voda u objektu pjeskolov-mastolov (Slika 4.6.). Istaloženi pijesak na dnu pjeskolova-mastolova transportira se uronjenim („Mamut“) crpkama u posebno izveden odjeljak iz kojeg se zatim transportira na klasirer gdje se vrši ispiranje i klasiranje.

### 4.6.1. Princip rada

Otpadna voda zajedno s krutim česticama taloga ulazi u prvu komoru uređaja na čijem je dnu koso položena spirala. Sediment tj. pijesak se taloži na dno komore, a spirala ga transportira na vrh uređaja gdje onda kao ocijeđen izlazi u spremnik komunalnog otpada. Tako pročišćena otpadna voda se prelijeva u drugu komoru i vraća se ponovo u sustav.



Slika 4.6. Klasirer pijeska [21]

#### 4.7. Prethodni (primarni) taložnik

Nakon mehaničkog predtretmana, odvija se prvi (I) stupanj pročišćavanja otpadnih voda koji se odvija u primarnom taložniku.

Cilj PT-a je postupkom taloženja ukloniti lako taložive tvari i plivajući materijal te smanjiti sadržaj raspršenih krutina. Prema zakonskoj regulativi primarnim taloženjem je potrebno postići uklanjanje minimalno 20% BPK<sub>5</sub> te uklanjanje minimalno 50% SS.

Otpadna voda se putem spojnog cjevovoda gravitacijski dovodi iz postojećeg objekta pjeskolov–mastolov do objekta za primarno taloženje. Nakon izvršenog procesa taloženja otpadna voda se putem spojnog cjevovoda gravitacijski odvodi dalje prema ispustu. Istaloženi primarni mulj, koji je nastao u procesu, muljnim crpkama i spojnim tlačnim cjevovodima odvodi se prema daljnjoj obradi.

Primarni taložnik je dimenzioniran na srednji dnevni protok otpadne vode koji iznosi  $Q_{WW,dM} = 19 \text{ l/s}$  te uz zadržavanje vode u bazen od 90 min.

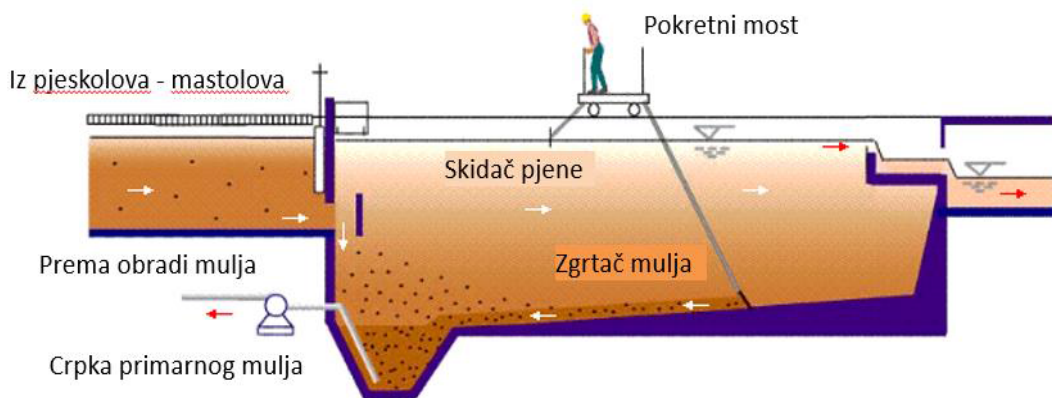
Predviđena je izvedba pravokutnog primarnog taložnika s dvije linije, svaka duljine 9,50 m, širine 2,80 m i dubine 2,10 m. Na samom ulazu u taložnik je izvedena pregrada (deflektor) koja služi za jednoliku raspodjelu dotoka. Prolaskom otpadne vode kroz objekt vrlo malom brzinom  $v = 0,002 \text{ m/s}$  (maksimalna brzina  $v_{\max} = 0,028 \text{ m/s}$ ) odvija se taloženje plivajućeg materijala te raspršenih krutina na dnu objekta. Takav istaloženi mulj na dnu se zatim zgrtačima zgrče u posebno izvedene odjeljke gdje se crpkama (tipa „Mamut“) i spojnim tlačnim cjevovodima odvodi na daljnju obradu. Na samom izlazu iz taložnika predviđena je izrada izlaznog preljevnog korita kao zaštita od istjecanja pjene.

Za zgrtanje istaloženog mulja predviđen je pokretni mosni zgrtač + letva za zgrtanje mulja. Ostale površinske masnoće i pjena se također sakupljaju zgrtačem tj. letvom pričvršćenom na pokretni most.

Prolaskom kroz PT voda se preljeva u korito dimenzija 1,50 m x 5,85 m koje je izvedeno u sklopu objekta, a iz kojeg se gravitacijskim cjevovodom odvodi prema ispustu.

Oprema potrebna za funkcioniranje APM-a:

- pokretni most s montiranim zgrtačima
- 2 kom Mamut crpke za mulj (tipa „Mamut“)



Slika 4.7. Shematski prikaz uzdužnog presjeka prethodnog taložnika [8]

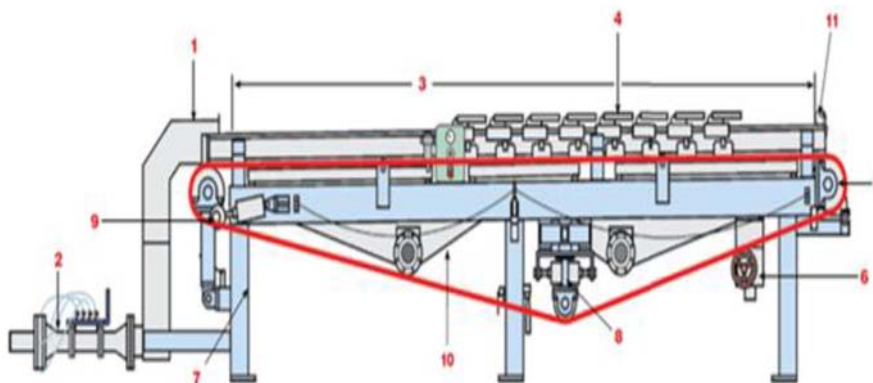
## 4.8. Obrada mulja

Svrha obrade mulja je smanjenje volumena mulja s ciljem smanjenja troškova u daljnjoj obradi mulja kao i smanjenje štetnih utjecaja na okoliš sprečavanjem njegove daljnje razgradnje.

Na UPOV-u Supetarska Draga generirat će se samo primarni mulj. Primarni mulj se izdvaja u PT-u te se putem muljnih pumpi i tlačnog cjevovoda doprema do objekta za obradu mulja. Obrada mulja bazirana je u 3 osnovne faze: zgušnjavanje, stabilizacija i uklanjanje vode tj. dehidracija.

### 4.8.1. Zgušnjivač mulja

Uloga zgušnjivača je smanjenje volumena mulja, tj. Povećanje udjela suhe tvari s početnih 3-5% do maksimalno 12%. Predviđen je gravitacijski trakasti tip zgušnjivača mulja (Slika 4.8.). Princip rada zgušnjivača je korištenje polimernih traka kroz koje se cijedi voda.



Slika 4.8. Gravitacijski trakasti zgušnjivač mulja [8]

#### 4.8.2. Stabilizacija mulja

Stabilizacijom mulja sprječava se mogućnost daljnjeg truljenja mulja, odnosno razgradnja organske tvari uz pomoć mikroorganizama, a samim time pojava jakih neugodnih mirisa.

Predviđena je kemijska stabilizacija mulja uz pomoć vapna. Upotrebom vapna mulj postaje neprikladan za preživljavanje mikroorganizama. Vapno se dodaje mulju u količini za podizanje pH vrijednosti na 12 i više. Održavanjem pH vrijednosti na toj razini, mulj ne trune te nema pojave neugodnih mirisa i nema opasnosti za ljudsko zdravlje. Predviđeno je korištenje hidratiziranog vapna ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) i živog vapna ( $\text{CaO}$ ).

#### 4.8.3. Dehidracija mulja

Procesom dehidracije se iz mulja uklanja voda čime se višestruko smanjuje volumen mulja, što olakšava daljnju manipulaciju te je ujedno daljnja obrada i zbrinjavanje ekonomski isplativije.

Zbog nedostatka prostora na parceli, predviđeno je mehaničko uklanjanje vode koristeći trakastu filter prešu (Slika 4.8.). Na taj način obrade, sa prethodnom metodom zgušnjavanja mulja, može se postići povećanje suhe tvari do maksimalno 25%.



Slika 4.9. Trakasta filter preša [22]

## 5. APROKSIMATIVNI TROŠKOVNIK

Za UPOV-a Supetarska Draga koji je proračunat kapaciteta 9.950 ES te prvog (I) stupnja pročišćavanja, aproksimativno su izračunati troškovi izgradnje na temelju predviđenih tehnoloških rješenja i provedenih proračuna tj. na osnovu proračunatih dimenzija objekta UPOV-a.

**Tablica 5.1.** *Troškovi za izgradnju UPOV-a Supetarska Draga*

| <b>KOMPONENTE TROŠKA ZA GRADNJU UPOV-a</b> | <b>IZNOS<br/>[HRK]</b> |
|--|------------------------|
| Izrada projektne dokumentacije             | 1.000.000,00           |
| Probni rad                                 | 600.000,00             |
| Imovinsko pravni odnosi                    | 250.000,00             |
| UPOV - građevinski radovi:                 | 13.000.000,00          |
| UPOV - Strojarska oprema i radovi          | 8.500.000,00           |
| Podmorski ispust                           | 11.850.000,00          |
| <b>UPOV SUPETARSKA DRAGA :</b>             | <b>35.200.000,00</b>   |

U *tablici 5.1.* prikazani su procijenjeni troškovi po grupama radova potrebni za izgradnju i puštanje UPOV-a Supetarska Draga u pogon. Procijenjeni troškovi izgradnje UPOV-a iznose 35.200.000,00 bez PDV-a.

## 6. ZAKLJUČAK

S ciljem zadovoljenja EU Direktive 91/271/EEZ nameće se potreba za izgradnjom UPOV-a Supetarska Draga. Provedenim proračunima i procjenama, predviđena je izgradnja UPOV-a kapaciteta 9.950 ES. Uzimajući u obzir zahtjeve definirane „Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda“ kojim se ovisno o veličini aglomeracije i osjetljivošću područja u kojeg se ispušta efluent definira potreban stupanj pročišćavanja, UPOV Supetarska Draga predviđen je za izvedbu s prvim (I) stupnjem pročišćavanja. Navedeno implicira potrebu za izgradnjom sljedećih objekata u sklopu linije vode UPOV-a: dovodni kanal, ulazni objekt u kojem je smještena gruba i fina rešetka, ulazna crpna stanica, aerirani pjeskolov-mastolov i primarni taložnik.

Provedenim proračunima baziranim na hidrauličkom i masenom (biološkom) opterećenju dimenzionirani su objekti UPOV-a: dovodni kanal, ulazna crpna stanica, aerirani pjeskolov-mastolov te primarni taložnik. Za potpuno funkcioniranje UPOV-a predviđena je i izgradnja objekta za obradu mulja, a s ciljem smanjenja troškova u daljnjoj obradi mulja kao i smanjenja štetnih utjecaja na okoliš i ljudsko zdravlje.

Projicirani troškovi izgradnje UPOV-a Supetarska Draga koji se temelje na predviđenim tehnološkim rješenjima i proračunom dimenzioniranim objektima UPOV-a iznose 35.200.000,00 kn bez PDV-a.

## 7. GRAFIČKI PRILOZI

U nastavku popis grafičkih priloga koji slijede:

- **PRILOG 1:** Izvadak iz katastarskog plana, MJ 1:1000
- **PRILOG 2:** Situacijsko rješenje UPOV-a, MJ 1:150
- **PRILOG 3:** Ulazni objekt (gruba i fina rešetka), MJ 1:100
- **PRILOG 4:** Ulazna crpna stanica, MJ 1:100
- **PRILOG 5:** Aerirani pjeskolov-mastolov, MJ 1:100
- **PRILOG 6:** Primarni taložnik, MJ 1:100
- **PRILOG 7:** Zgrada obrade mulja, MJ 1:100
- **PRILOG 8:** Upravna zgrada, MJ 1:100
- **PRILOG 9:** Linija vode (presjek kroz UPOV), MJ 1:100





REPUBLIKA HRVATSKA  
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA  
ISPOSTAVA ZA KATASTAR NEKRETNINA RAB

NESLUŽBENA VERZIJA

K.o. SUPETARSKA DRAGA, 324442  
k.č. br.: 1803/96

### IZVOD IZ KATASTARSKOG PLANA

Približno mjerilo ispisa 1: 1000

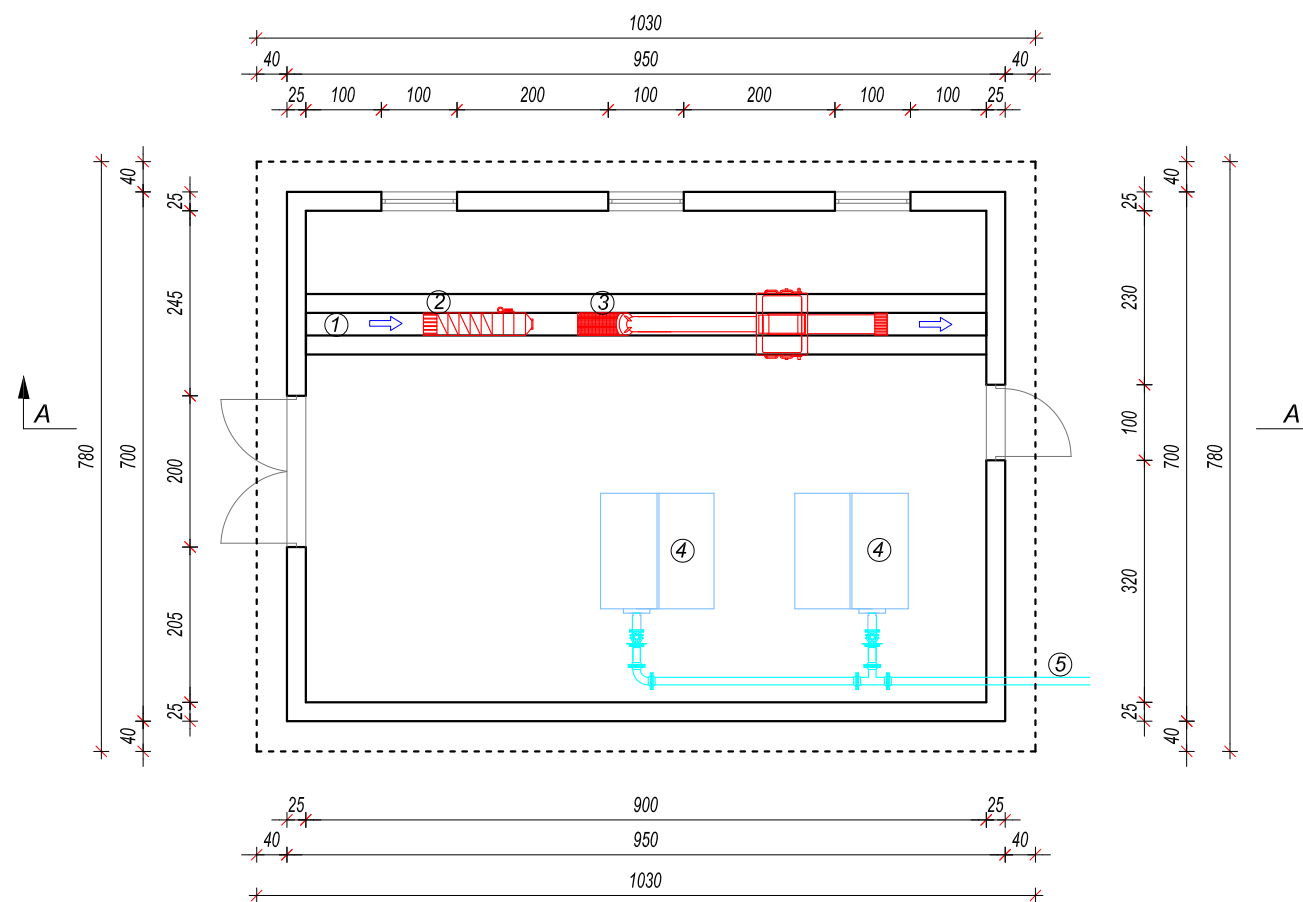
Izvorno mjerilo plana 1:2904



Datum ispisa: 19.08.2021



Tlocrt ulaznog objekta



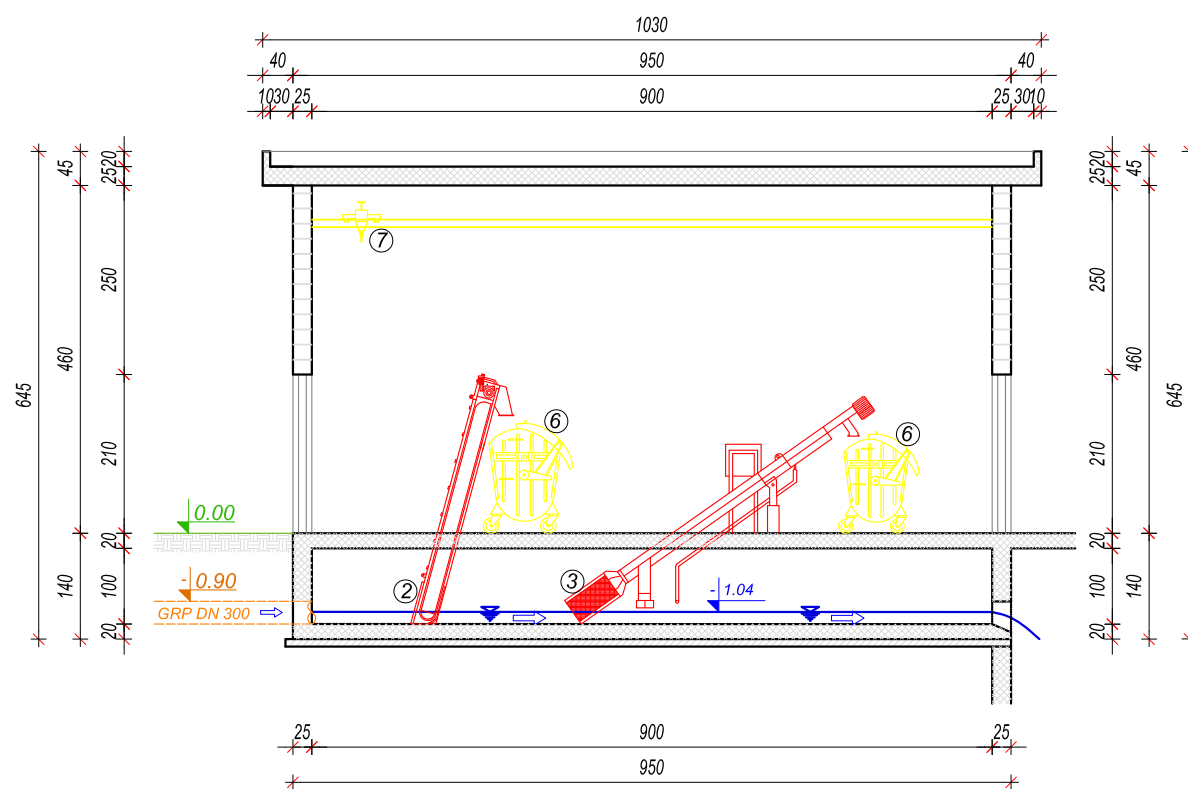
ULAZNI OBJEKT (gruba i fina rešetka)


MJ 1:100

Legenda:

1. ULAZNI KANAL
2. AUTOMATSKA GRUBA REŠETKA
3. FINA REŠETKA
4. KOMRESORSKA STANICA ZA ZRAK
5. CIJEVOVOD ZA DISTRIBUCIJU ZRAKA U APM
6. KONTEJNER ZA OTPAD
7. DIZALICA ZA PRIJENOS KONTEJNERA

Presjek A-A (uzdužni presjek)



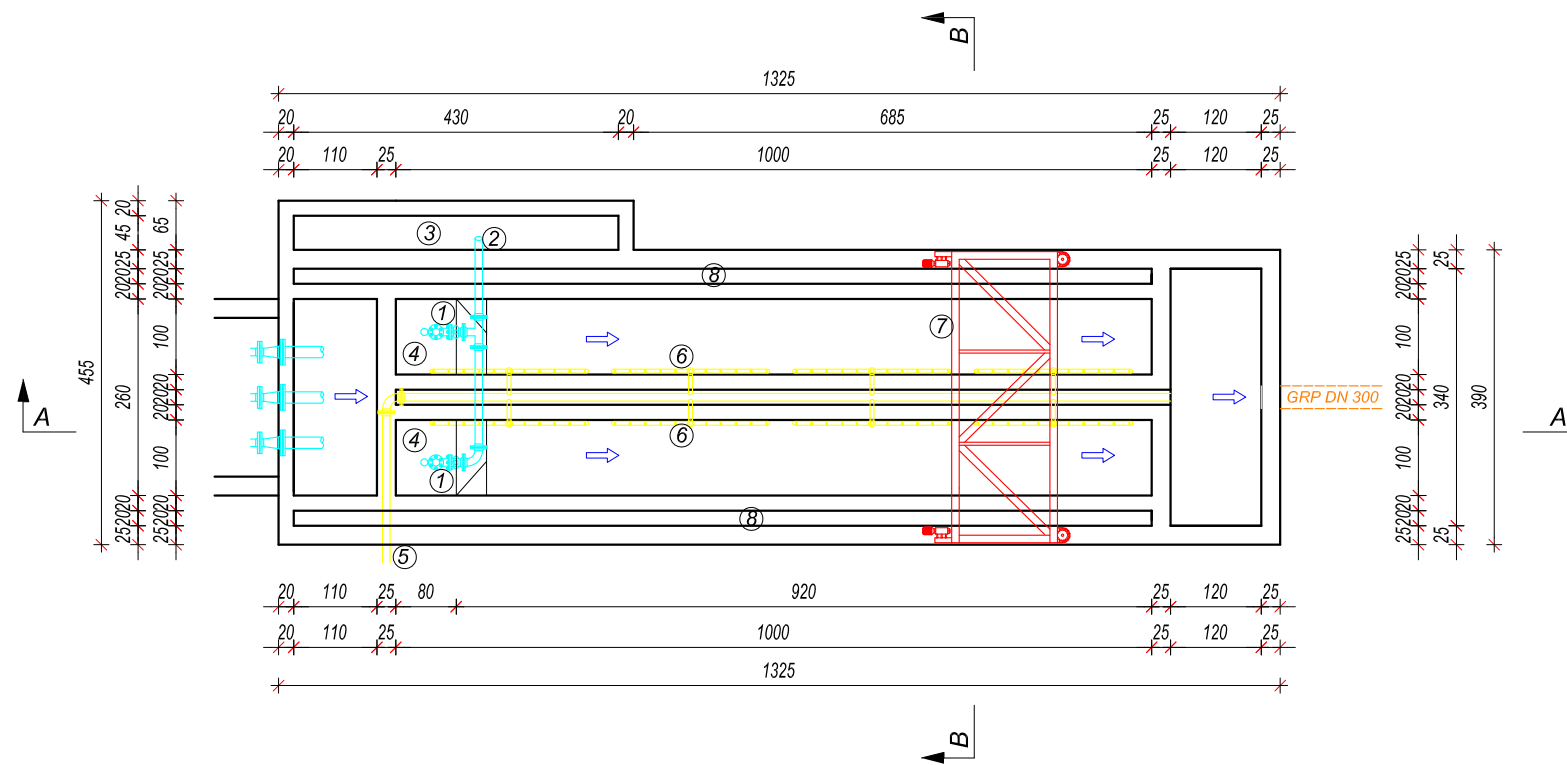
|   |   |                      |
|---|---|----------------------|
|  | <b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b><br><b>SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN</b> |                      |
|   | Idejno rješenje UPOV-a Supetarska Draga                         |                      |
| NACRT 2 - Ulazni objekt (gruba i fina rešetka)  |   |                      |
| IZRADIO: Mario Lukavečki, bacc. ing. aedif.   |   |                      |
| MJERILO: 1 : 100  |   | DATUM: kolovoz 2021. |



# AERIRANI PJSKOLOV-MASTOLOV

MJ 1:100

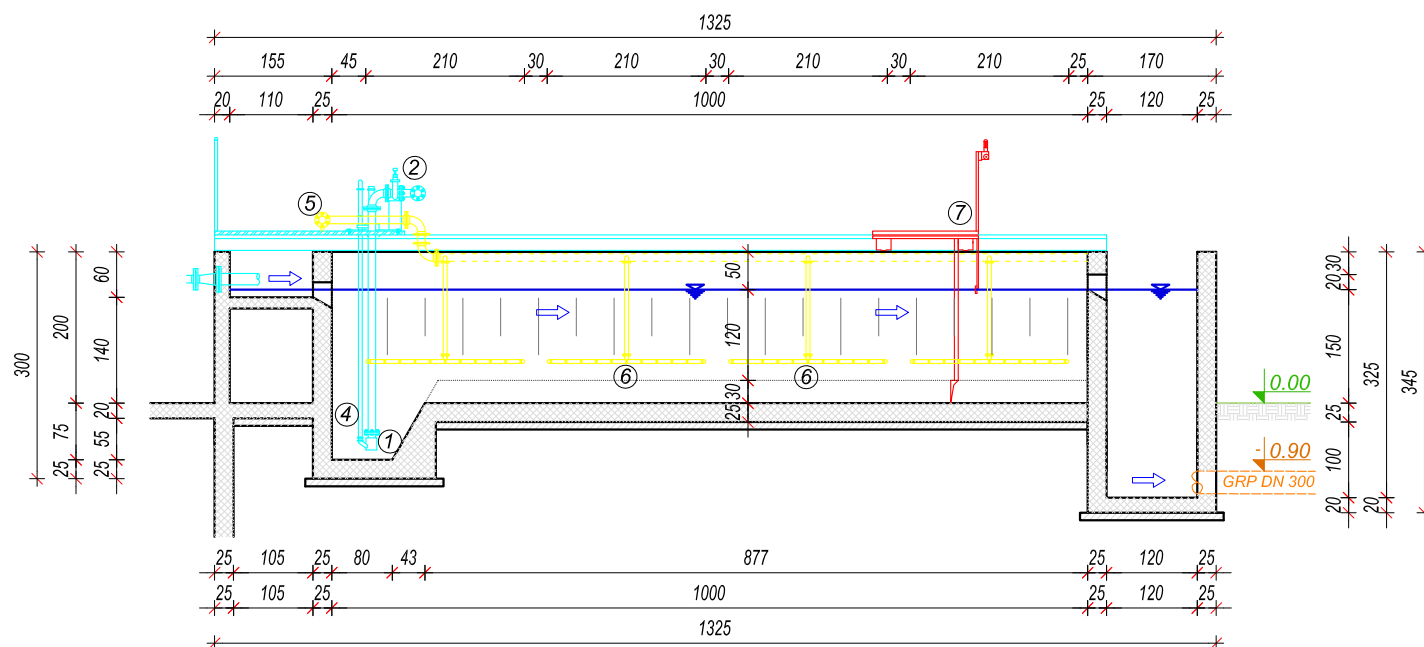
Tlocrt aeriranog pjeskolova-mastolova



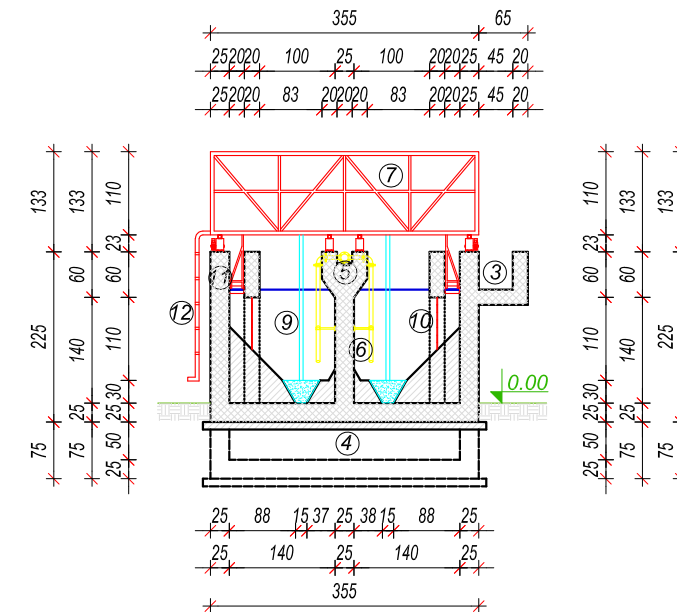
## Legenda:

1. PUMPA ZA PIJESAK
2. TLAČNI CIJEVOVOD ZA ISTALOŽENI PIJESAK
3. KANAL ZA ISPUMPANI PIJESAK
4. PROSTOR ZA SAKUPLJANJE PIJESKA
5. TLAČNI CIJEVOVOD ZA DOVOD ZRAKA
6. CIJEVNI DIFUZOR
7. POKRETNI MOST
8. KANAL ZA PRIKUPLJANJE MASTI
9. ZGRTAČ ISTALOŽENOG PIJESKA
10. PERFORIRANA PREGRADA
11. ZGRTAČ MASTI
12. PRISTUPNE LJESTVE POKRETNOG MOSTA

Presjek A-A (uzdužni presjek)



Presjek B-B (poprečni presjek)



SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Idejno rješenje UPOV-a Supetarska Draga

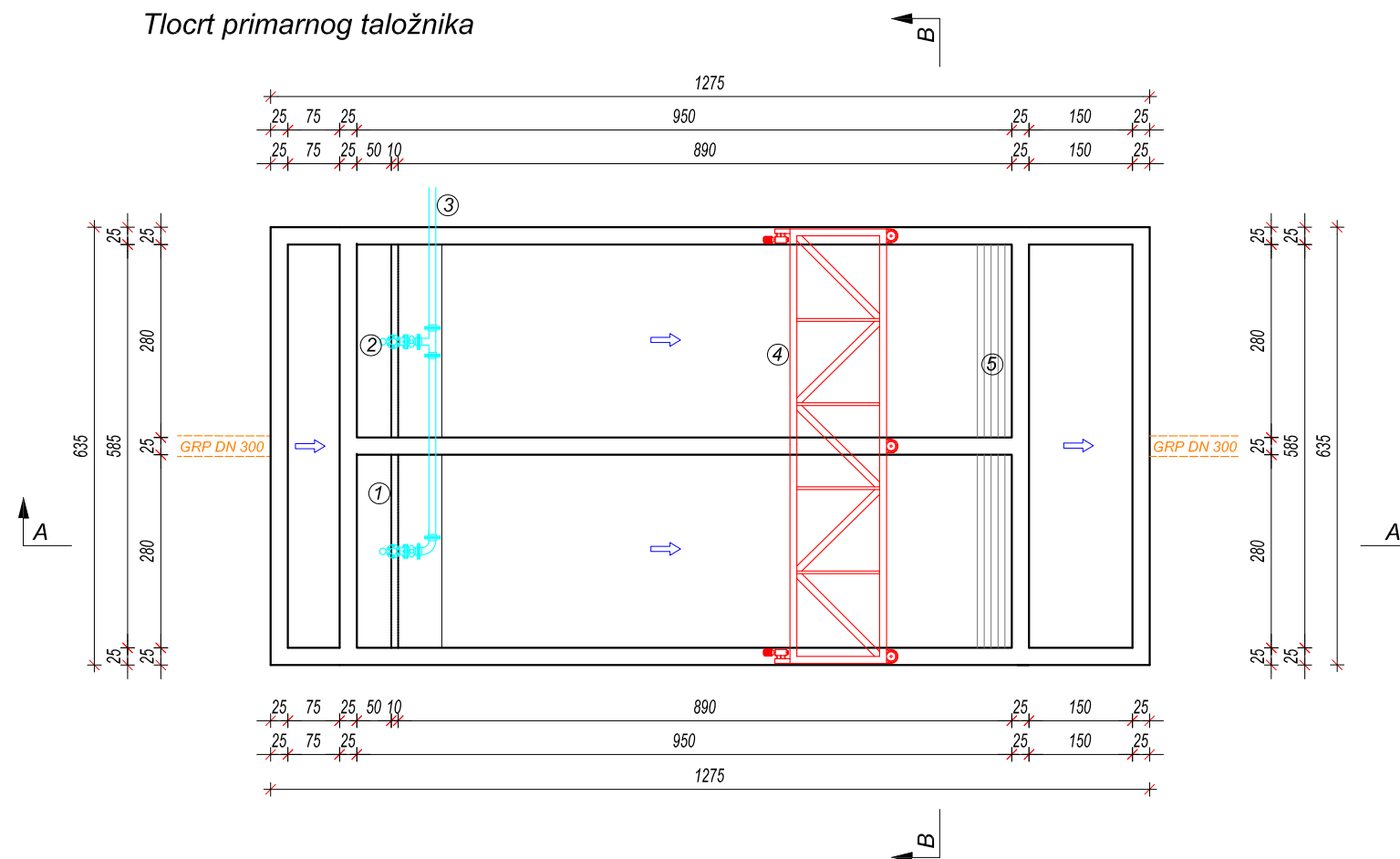
NACRT 4 - Aerirani pjeskolov-mastolov

IZRADIO: Mario Lukavečki, bacc. ing. aedif.

MJERILO: 1 : 100

DATUM: kolovoz 2021.

Tlocrt primarnog taložnika



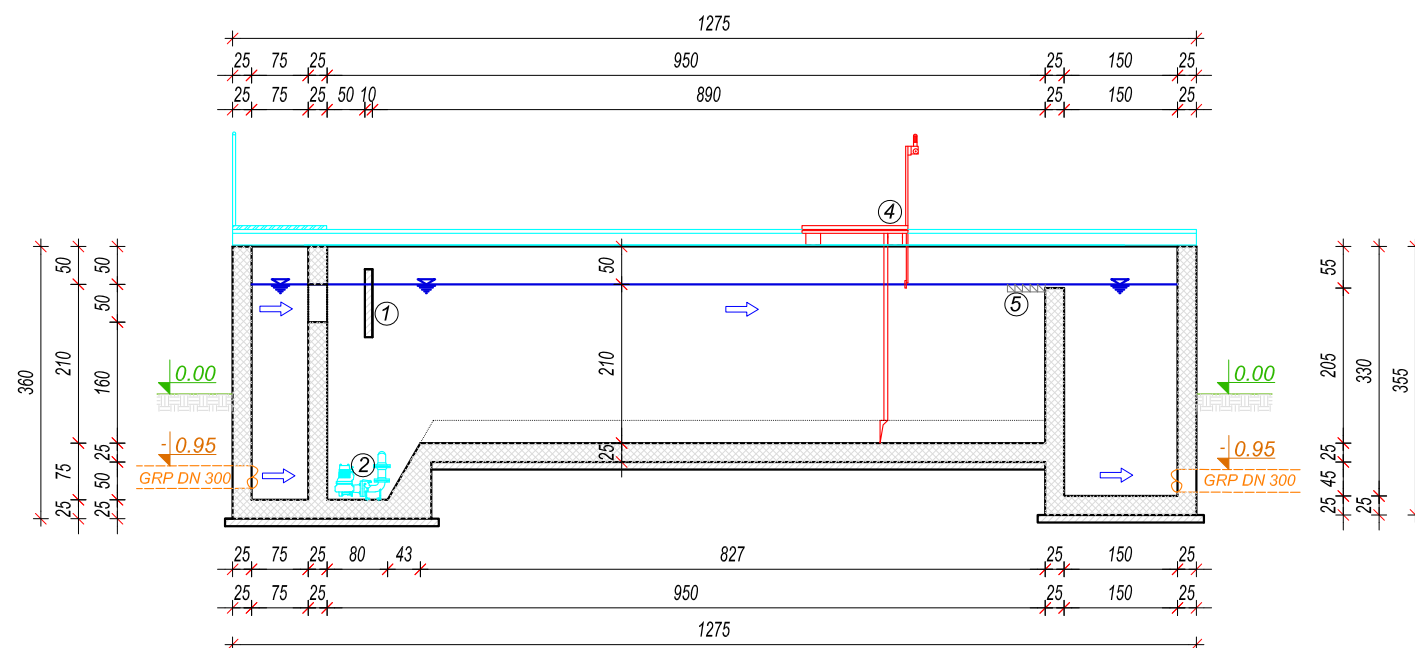
# PRIMARNI TALOŽNIK

MJ 1:100

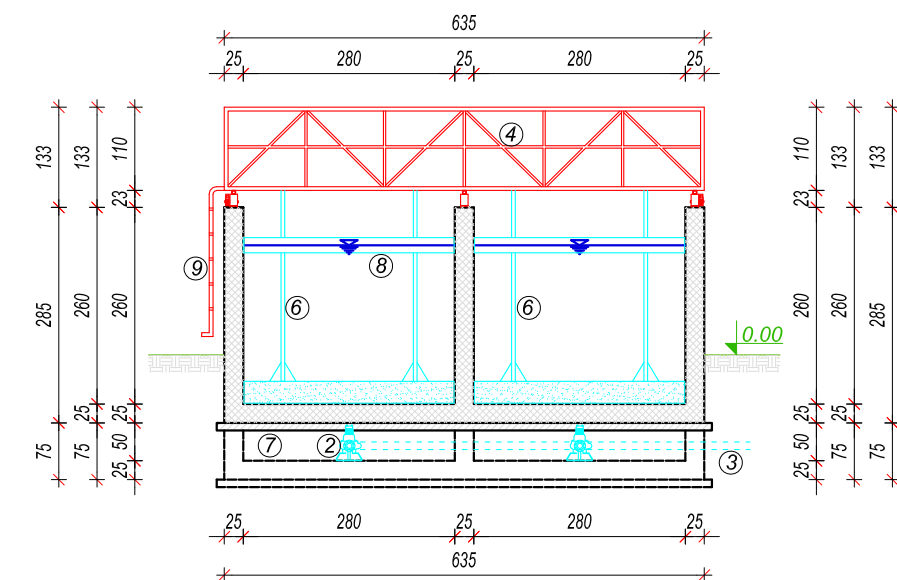
## Legenda:

1. ULAZNA PREGRADA ZA UMIRENJE TOKA
2. PUMPA ZA PRIMARNI MULJ
3. TLAČNI CIJEVOVOD ZA ODVOD MULJA
4. POKRETNI MOST
5. IZLAZNO PRELJEVNO KORITO
6. ZGRTAČ ISTALOŽENOG MULJA
7. PROSTOR ZA SAKUPLJANJE MULJA
8. ZGRTAČ PJENE
9. PRISTUPNE LJESTVE POKRETNOG MOSTA

Presjek A-A (uzdužni presjek)



Presjek B-B (poprečni presjek)



SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Idejno rješenje UPOV-a Supetarska Draga

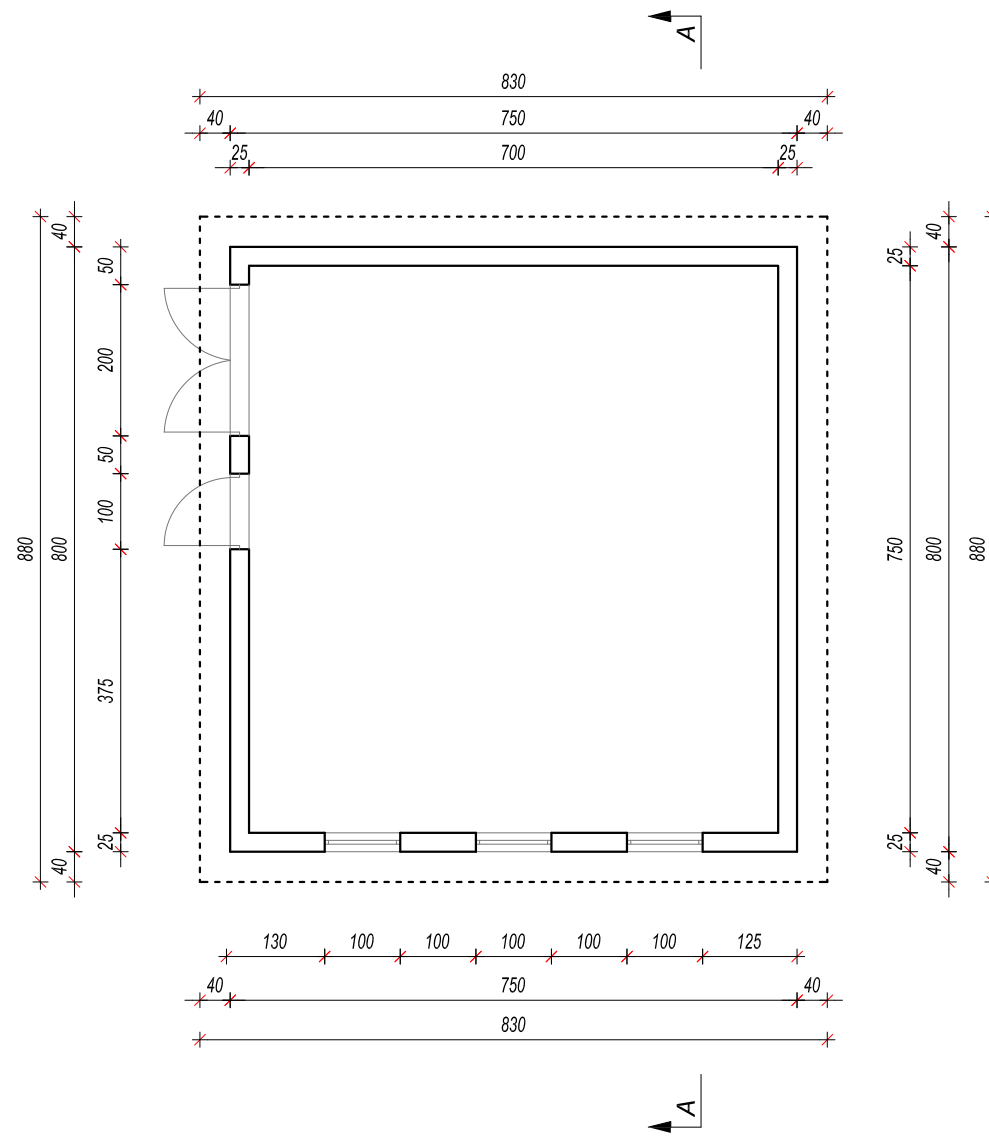
NACRT 5 - Primarni taložnik

IZRADIO: Mario Lukavečki, bacc. ing. aedif.

MJERILO: 1 : 100

DATUM: kolovoz 2021.

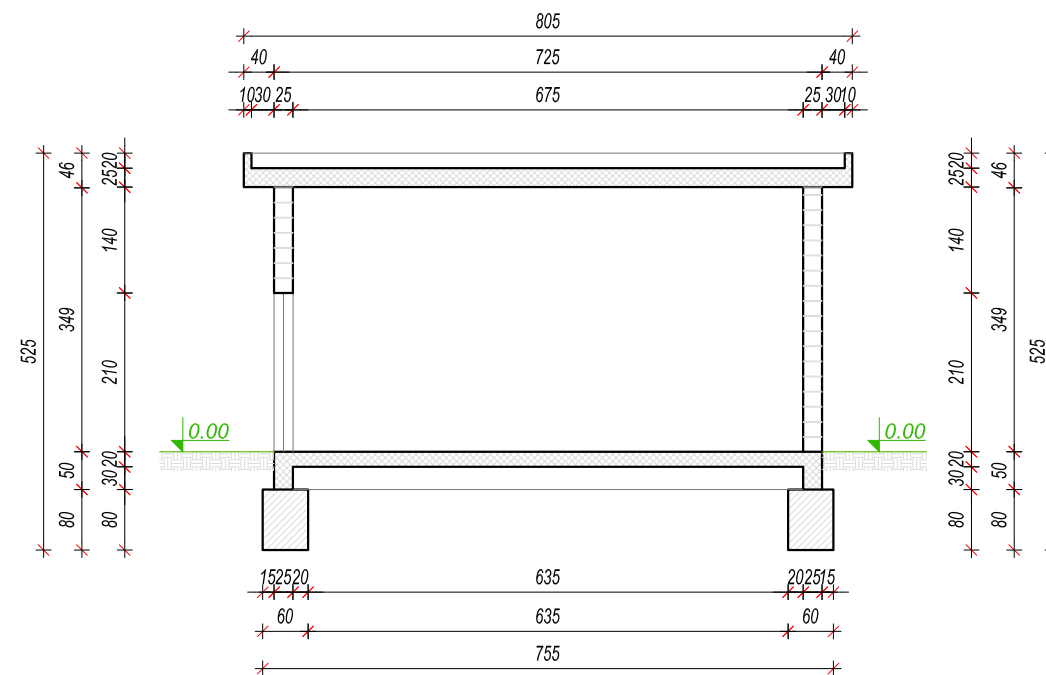
Tlocrt zgrade obrade mulja



# ZGRADA OBRADJE MULJA

MJ 1:100

Presjek A-A (uzdužni presjek)



SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Idejno rješenje UPOV-a Supetarska Draga

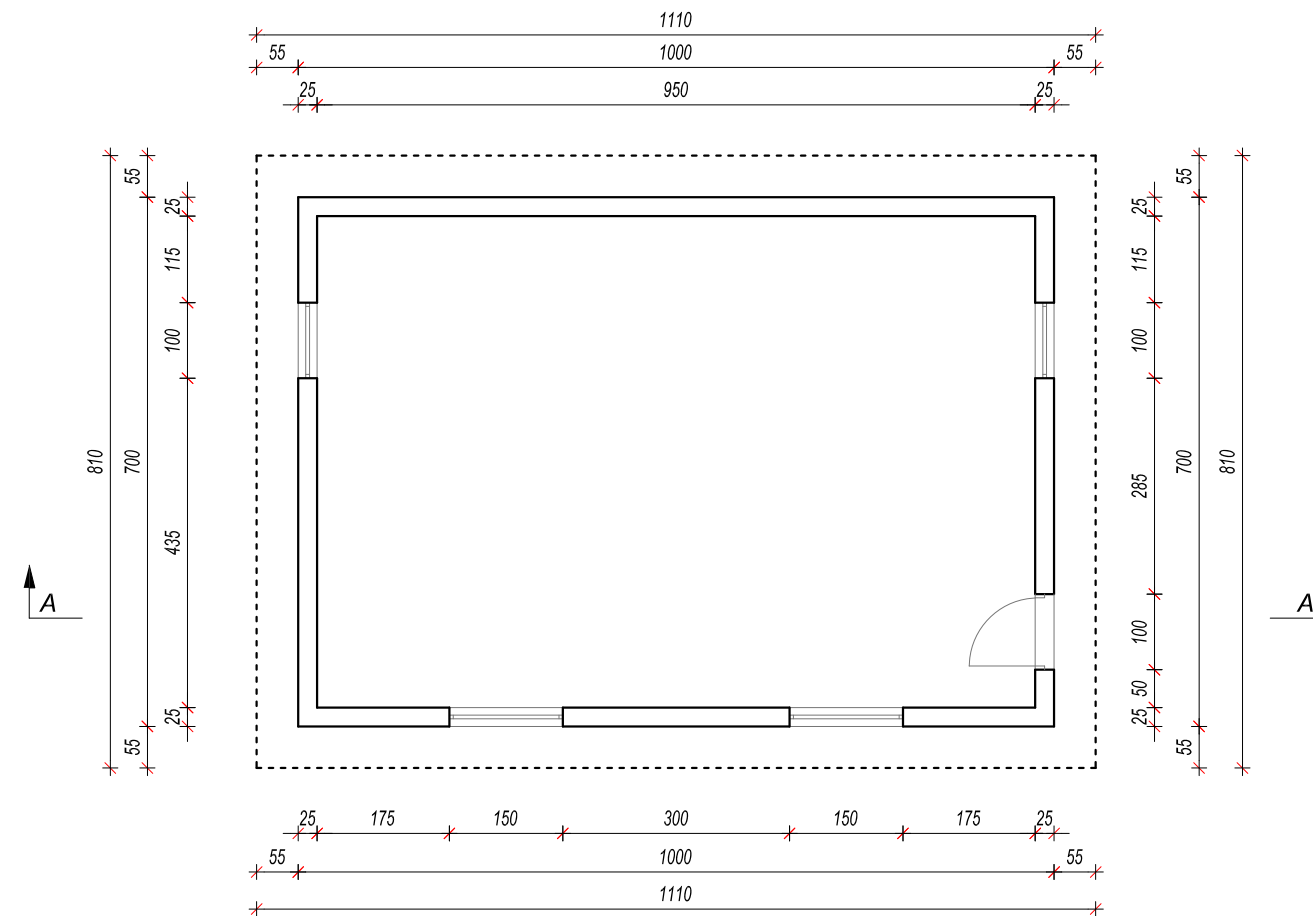
NACRT 6 - Zgrada obrade mulja

IZRADIO: Mario Lukavečki, bacc. ing. aedif.

MJERILO: 1 : 100

DATUM: kolovoz 2021.

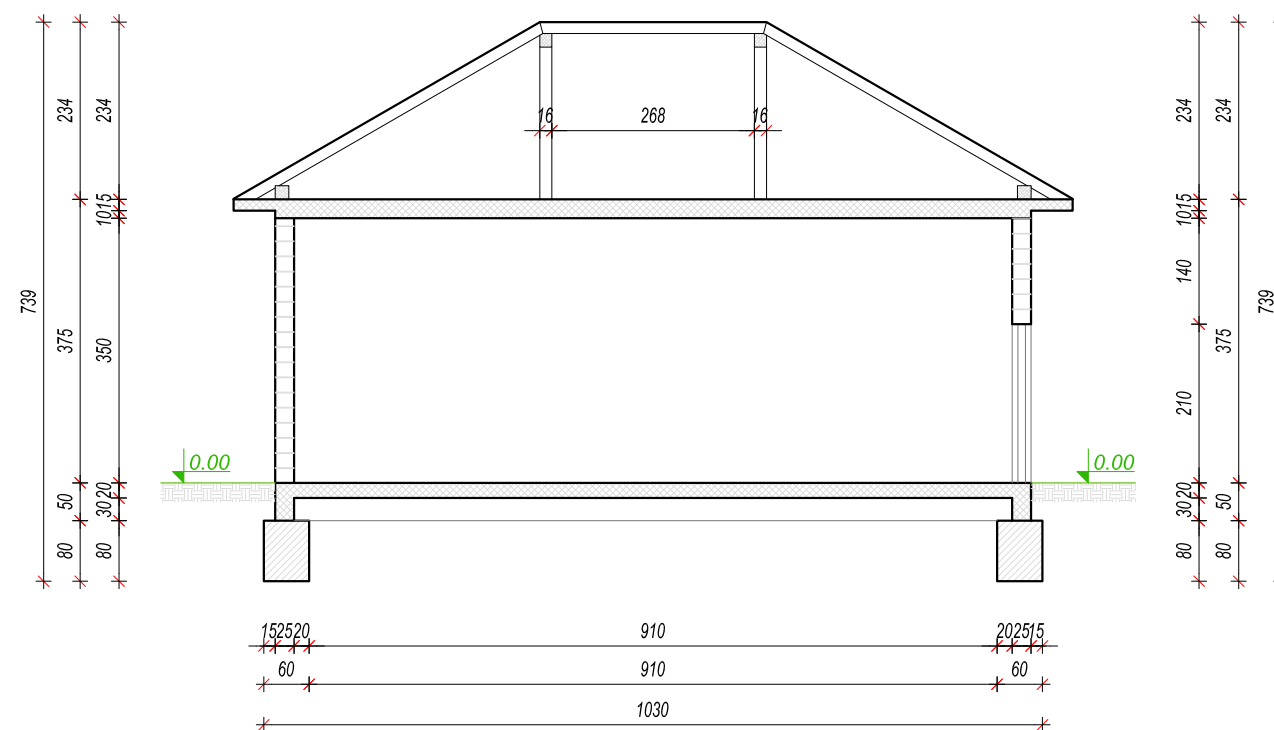
Tlocrt upravne zgrade



UPRAVNA ZGRADA

MJ 1:100

Presjek A-A (uzdužni presjek)



SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Idejno rješenje UPOV-a Supetarska Draga

NACRT 7 - Upravna zgrada

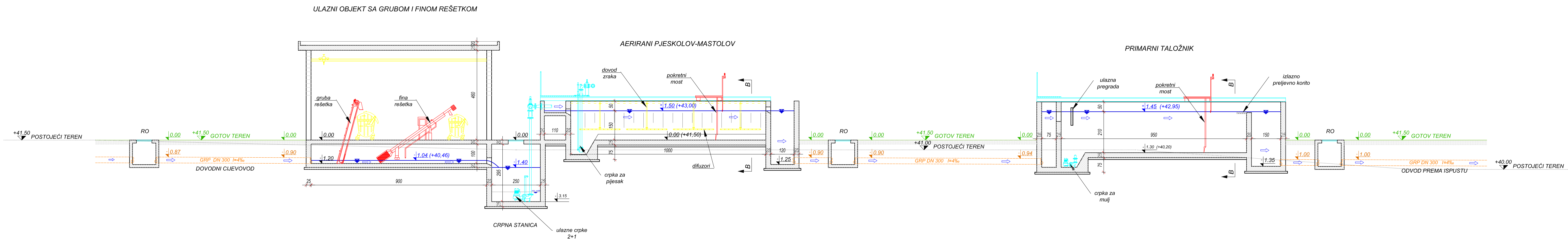
IZRADIO: Mario Lukavečki, bacc. ing. aedif.

MJERILO: 1 : 100

DATUM: kolovoz 2021.



LINIJA VODE  
 -presjek kroz UPOV-  
 MJ 1:100



## 8. LITERATURA

- [1] [https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics\\_hr](https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics_hr)
- [2] Tušar, B. (2009.): Pročišćavanje otpadnih voda, Kigen d.o.o., Zagreb
- [3] <https://strukturnifondovi.hr/eu-fondovi/>
- [4] Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš za sustav vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda aglomeracije Supetarska Draga (2017.)
- [5] Studija izvedivosti sustava javne odvodnje otpadnih voda na području aglomeracije Rab, Supetarska Draga i Lopar.
- [6] <https://prigoda.hr/interaktivna/karte/interactive-pgz.php>
- [7] <https://phoenixmarine.hr/hr/otok-rab>
- [8] Nakić, D. (2019.-2020.): Nastavni materijali sa predavanja iz kolegija Zaštita i pročišćavanje voda na studiju graditeljstva Sveučilište Sjever, Varaždin
- [9] [https://www.hzjz.hr/wp-content/uploads/2020/08/Prirodno\\_kretanje\\_19.jpg](https://www.hzjz.hr/wp-content/uploads/2020/08/Prirodno_kretanje_19.jpg)
- [10] <http://www.valsika.hr/hr/10055/turizam-na-otoku-rabu/>
- [11] [https://img.adriagate.com/cdn/photos/2144069-15/Supetarska-Draga---otok-Rab\\_0\\_550.jpg](https://img.adriagate.com/cdn/photos/2144069-15/Supetarska-Draga---otok-Rab_0_550.jpg)
- [12] [https://img.adriagate.com/cdn/photos/2433537-15/%C4%8Cifnata-Kampor-\(otok-Rab\)\\_0\\_350.jpg](https://img.adriagate.com/cdn/photos/2433537-15/%C4%8Cifnata-Kampor-(otok-Rab)_0_350.jpg)
- [13] Biblioteka Vodno gospodarska osnova Hrvatske (2001.): „Okvirna direktiva o vodama - 2000/60/EC“, Zagreb.
- [14] Odluka o određivanju osjetljivih područja, Narodne novine 81/2010, (2010.)
- [15] Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, Narodne novine 26/20,.(2020)
- [16] <https://www.scribd.com/doc/53548281/atv-dvwk-a-198-e>  
(ATV-DVWK-A 198E smjernice)
- [17] [https://www.prestigepumps.co.uk/images/detailed/7/G210RV3\\_z8iv-i6.jpg?t=1571742717](https://www.prestigepumps.co.uk/images/detailed/7/G210RV3_z8iv-i6.jpg?t=1571742717)
- [18] [http://vode-lipik.hr/wp-content/uploads/2015/01/UPOV\\_html\\_m26cc3b3b.jpg](http://vode-lipik.hr/wp-content/uploads/2015/01/UPOV_html_m26cc3b3b.jpg)
- [19] <https://miab.hr/hr/component/content/article/6.html>
- [20] <http://www.elektrovodina-adria.hr/wp-content/uploads/2018/01/Valpovo-02.jpg>

- [21] <http://loveco.hr/reference/data/images/828734c5f7d7/Cuvi7.JPG>
- [22] <http://ba.sewagetreat.com/uploads/201919916/belt-filter-press-dewatering56311521006.jpg>
- [23] Zakon o vodama, Narodne novine 66/2019, (2019).
- [24] Uredba o standardu kakvoće vode, Narodne novine 96/2019, (2019).
- [25] Strategija upravljanja vodama, "Narodne novine" 91/08

## Popis slika

|  |    |
|--|----|
| <b>Slika 1.1.</b> Stanje kakvoće vode kroz vrijeme .....                               | 2  |
| <b>Slika 2.1.</b> Područje Primorsko-goranske županije .....                           | 4  |
| <b>Slika 2.2.</b> Otok Rab .....   | 5  |
| <b>Slika 2.3.</b> Aglomeracije otoka Raba s lokacijama UPOV-a.....                     | 6  |
| <b>Slika 2.4.</b> Lokacija UPOV-a Supetarska Draga prikazana na katastarskoj podlozi   | 6  |
| <b>Slika 2.5.</b> Osnovni tipovi sustava odvodnje .....                                | 7  |
| <b>Slika 2.6.</b> Prirodno kretanje stanovništva RH kroz razdoblje 1991.-2019.....     | 8  |
| <b>Slika 2.7.</b> Neke od plaža i uvala na području aglomeracije Supetarska Draga..... | 11 |
| <b>Slika 2.8.</b> Kretanje smještajnih kapaciteta otoka Raba .....                     | 12 |
| <b>Slika 2.9.</b> Kartografski prikaz osjetljivih područja u RH.....                   | 16 |
| <b>Slika 3.1.</b> Odabrana crpka .....   | 29 |
| <b>Slika 4.1.</b> Primjer dovodnog kanala .....  | 34 |
| <b>Slika 4.2.</b> Primjer automatske grube lančane rešetke.....                        | 35 |
| <b>Slika 4.3.</b> Primjer automatske fine rešetke.....                                 | 36 |
| <b>Slika 4.4.</b> Primjer crpne stanice sa crpkama.....                                | 37 |
| <b>Slika 4.5.</b> Shematski prikaz poprečnog presjeka aeriranog pjeskolova-mastolova   | 39 |
| <b>Slika 4.6.</b> Klasirer pijeska .....   | 39 |
| <b>Slika 4.7.</b> Shematski prikaz uzdužnog presjeka prethodnog taložnika .....        | 41 |
| <b>Slika 4.8.</b> Gravitacijski trakasti zgušnjivač mulja .....                        | 41 |
| <b>Slika 4.9.</b> Trakasta filter preša.....   | 42 |

## Popis tablica

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablica 2.1.</b> Usporedba popisa stanovništva iz 2001. i 2011. godine na promatranom području.....                                    | 9  |
| <b>Tablica 2.2.</b> Predviđeno kretanje broja stanovnika na promatranom području ....   | 10 |
| <b>Tablica 2.3.</b> Raspored smještajnih kapaciteta na promatranom području .....   | 12 |
| <b>Tablica 2.4.</b> Predviđeno kretanje broja turističkih kapaciteta u privatnom smještaju na promatranom području.....                   | 13 |
| <b>Tablica 2.5.</b> Predviđeno kretanje broja turističkih kapaciteta u privrednom smještaju na promatranom području.....                  | 14 |
| <b>Tablica 2.6.</b> Zahtjevi za određivanje potrebnog stupnja pročišćavanja ovisno o veličini aglomeracije.....                           | 17 |
| <b>Tablica 2.7.</b> Granične vrijednosti pokazatelja u efluentu .....   | 17 |
| <b>Tablica 3.1.</b> Specifična dnevna biološka opterećenja koje generira 1 ES .....   | 19 |
| <b>Tablica 3.2.</b> Procijenjena opterećenja po kategorijama korisnika .....  | 22 |
| <b>Tablica 3.3.</b> Biološko i hidrauličko opterećenje UPOV-a Supetarska Draga u mjesecu prosječne potrošnje izvan turističke sezone..... | 24 |
| <b>Tablica 3.4.</b> Biološko i hidrauličko opterećenje UPOV-a Supetarska Draga u mjesecu maksimalne potrošnje u turističkoj sezoni.....   | 25 |
| <b>Tablica 3.5.</b> Iterativni postupak određivanja normalne dubine vode u dovodnom kanalu.....   | 27 |
| <b>Tablica 3.6.</b> Proračunate dimenzije za aerirani pjeskolov-mastolov .....  | 31 |
| <b>Tablica 3.7.</b> Proračunate dimenzije za prethodni taložnik.....  | 33 |
| <b>Tablica 5.1.</b> Procijenjeni troškovi za izgradnju UPOV-a Supetarska Draga .....  | 43 |

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mario Lukavečki (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom Idejno rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
Mario Lukavečki

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Mario Lukavečki (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom Idejno rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Supetarska Draga čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
Mario Lukavečki

(vlastoručni potpis)