

Mehanički predtretman na UPOV-ima

Živković, Sara

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:398629>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-13**

Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Sara Živković

MEHANIČKI PREDTRETMAN NA UPOV-ima

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Sara Živković

MEHANIČKI PREDTRETMAN NA UPOV-ima

ZAVRŠNI ISPIT

Mentor: izv.prof.dr.sc. Dražen Vouk

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Sara Živković

MECHANICAL PRETREATMENT AT WWTPs

FINAL EXAM

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

Zagreb, 2024.

SAŽETAK

Završni rad obrađuje temu mehaničkog predtretmana kao neizostavnog dijela svakog UPOV-a na teoretskoj razini. Povećanjem populacije i urbanizacijom, potrošnja vode i problematika njenog zagađenja su se značajno povećali. U svrhu pročišćavanja i ponovnog korištenja otpadnih voda koriste se uređaji za pročišćavanje otpadnih voda. Pritom, glavni je osvrt na tri ključna elementa koji se u okviru svjetske i hrvatske prakse najčešće koriste – grube rešetke, fine rešetke i aerirani pjeskolov mastolov. Svrha glavnih elemenata jest uklanjanje velikih krutina te uklanjanje pijeska i masnoća. Uz to, obrađena je i tema karakteristika otpadnih voda kao ulazni podatak koji prethodi samim tehnološkim postupcima mehaničkog predtretmana u sklopu sustava javne odvodnje.

Ključne riječi: UPOV, otpadne vode, mehanički predtretman, rešetke, aerirani pjeskolov mastolov

SUMMARY

The final paper addresses the topic of mechanical pretreatment as an indispensable part of every wastewater treatment plant (WWTP) on a theoretical level. With the increase in population and urbanization, water consumption and the issue of its pollution have significantly risen. For the purpose of purifying and reusing wastewater, wastewater treatment devices are used. The focus is mainly on three key elements that are most commonly used in global and Croatian practice – rough grids, fine grids, and aerated grit and grease traps. The purpose of these main elements is to remove large solids and eliminate sand and grease. Additionally, the characteristics of wastewater are discussed as an input data that precedes the technological processes of mechanical pretreatment within the public drainage system.

Keywords: WWTP, wastewater, mechanical pretreatment, grids, aerated grit and grease trap

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	i
SUMMARY	ii
SADRŽAJ.....	iii
1. UVOD	1
2. METODE I TEHNIKE RADA	3
3. KARAKTERISTIKE OTPADNE VODE	4
3.1. Podrijetlo otpadne vode	4
3.2. Sastojci otpadnih voda.....	6
3.2.1. Komponente otpadnih voda	7
3.2.2. Mikroorganizmi	7
3.2.3. KPK i BPK.....	8
3.2.4. Udjeli.....	9
3.3. Ekvivalent stanovnika i opterećenje po stanovniku	9
3.4. Protok otpadne vode	10
3.5. Otpadne vode iz kućanstava	10
4. PROJEKT IZGRADNJE UPOV-a	11
4.1. Motivacija za izgradnju UPOV-a	11
4.2. Podatci potrebni za projekt izgradnje UPOV-a	11
5. OBRADA OTPADNE VODE I GLAVNE JEDINICE UPOV-a.....	14
5.1. Faze obrade otpadne vode na UPOV-u	14
5.2. Glavni dijelovi UPOV-a	14
6. MEHANIČKI PREDTRETMAN NA UPOV-ima	16
6.1. Rešetke korištene na UPOV-ima.....	16
6.1.1. Ručno čišćene grube rešetke.....	18
6.1.2. Mehaničke grube rešetke	18
6.1.2.1. Mehaničke rešetke s lančanim pogonom.....	18
6.1.2.2. Mehaničke rešetke s klipnom grabljom.....	20

6.1.2.3.	Mehaničke rešetke sa sustavom lanaca.....	21
6.1.2.4.	Mehaničke rešetke s kontinuiranom trakom	22
6.1.3.	Projektiranje grubih rešetki	23
6.1.4.	Fine rešetke	24
6.1.4.1.	Nepomične žičane rešetke.....	24
6.1.4.2.	Bubanjska rešetka.....	25
6.1.4.3.	Stepenaste rešetke.....	26
6.1.5.	Projektiranje finih rešetki	27
6.2.	Ulazna crpna stanica	28
6.2.1	Usitnjavanje grubih krutih tvari	29
6.3.	Fine rešetke kao dio UPOV-a	30
6.4.	Pjeskolov-mastolov	30
6.4.1.	Vrste pjeskolova	32
6.4.1.1.	Aerirani pjeskolov-mastolov.....	32
6.4.1.2.	Vrtložni pjeskolov.....	33
6.4.1.3.	Kanalski pjeskolov.....	34
6.4.2.	Vrste mastolova	34
6.5.	Integrirana linija prethodnog pročišćavanja	35
6.6.	Mjerenje protoka	35
6.6.1.	Mjerenje protoka u otvorenim kanalima	36
6.6.2.	Mjerenje protoka u cijevima pod tlakom.....	37
6.7.	Ujednačavanje dotoka	38

7. PROCESI KORIŠTENI TIJEKOM TRETMANA OTPADNE VODE NA UPOV-ima	39
7.1. Miješanje	39
7.1.1. Kontinuirano brzo miješanje.....	39
7.1.2. Kontinuirano neprekidno miješanje.....	39
7.2. Flokulacija	39
7.2.1. Mikroflokulacija.....	40
7.2.2. Makroflokulacija	40
7.3. Gravitacijska	41
7.3.1. Taloženje.....	41
7.3.2. Plutanje.....	42
separacija	41
8. OTPAD KOJI NASTAJE PRILIKOM MEHANIČKOG PREDTRETMANA NA UPOV-IMA	43
8.1. Količina otpada i njegove karakteristike	43
8.2. Načini zbrinjavanja otpada	43
8.3. Otpad koji se skuplja na grubim i finim rešetkama te njegovo procesiranje	43
8.4. Otpad koji se skuplja u pjeskolovu- mastolovu	46
9.ZAKLJUČAK	48
POPIS LITERATURE	49
POPIS SLIKA	51
POPIS TABLICA	53

1. UVOD

Povećanjem populacije i urbanizacijom u današnjem vremenu povećana je i potrošnja vode kao i njeno zagađenje. Voda se smatra kao jedan od najbitnijih resursa za održanje života na Zemlji. Kao takva, neophodna je za preživljavanje ljudi, biljaka i životinja, a koristi se i u poljoprivredi, industriji te proizvodnji energije. Zbog toga, osiguranje dovoljne količine vode dobre kvalitete jedno je od glavnih zabrinutosti današnjega društva. Neophodno je zaštititi kvalitetu vode tretiranjem otpadnih voda za mogućnost ponovnog korištenja iste.

Sustav javne odvodnje sastoji se od kanalske mreže koja služi za skupljanje otpadne i oborinske vode, uređaja za pročišćavanje otpadnih voda koji je projektiran da ukloni nečistoće i zagađivače iz otpadnih voda te ih na taj način pripremi za ispušt u prijemnik kako bi se voda mogla ponovno koristiti ili vratiti u prirodni vodotok.

Već spomenuti sustav javne odvodnje može biti mješoviti i razdjelni. Razdjelni sustav odvodnje jest sustav s dvije odvojene kanalske mreže, one za odvodnju oborinskih i one za odvodnju kućanskih i industrijskih voda. Prednost mu je lakša kontrola oborinskih voda pa samim time i lakša kontrola pročišćavanja vode na UPOV-ima kao sljedećeg koraka, a mana jest skupo građenje i održavanje. Mješoviti sustav odvodnje pak odvodi sve skupine otpadnih voda zajedničkim kanalima pa je time jeftiniji za građenje te zauzima manje prostora, ali je nepovoljan za rad UPOV-a zbog velikih oscilacija u dotoku i organskom opterećenju.

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda obavlja svoju zadaću u četiri faze: Mehanički predtretman, 1. stupanj pročišćavanja, 2. stupanj pročišćavanja i 3. stupanj pročišćavanja. U prvom se stupnju pročišćavanja prethodnim taložnicima izdvaja primarni mulj, tijekom drugog stupnja pročišćavanja izdvajaju se otopljene organske tvari i mulj drugog stupnja dok se trećim stupnjem pročišćavanja eliminira dušik i fosfor. Međutim, ovaj se rad usredotočuje na mehanički predtretman, tj. proces koji, kako mu samo ime kaže, prethodi stupnjevima pročišćavanja.

Glavna zadaća mehaničkog predtretmana jest eliminacija velikih predmeta, šljunka, pijeska i masnoće, a ostvaruje se korištenjem grubih i finih rešetaka te aeriranim pjeskolovom mastolovom.

Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda dimenzioniraju se prema studijama na osnovi ekvivalent stanovnika (ES), što označava ukupnu vrijednost otpadnih tvari kao u slučaju da su

svi potrošači stanovnici. U skladu s Državnim planom za zaštitu voda, opterećenje jednog ekvivalent stanovnika iznosi 60 g O₂/d, odnosno ukupan broj ekvivalent stanovnika dobije se kad se cjelokupno dnevno opterećenje BPK₅ podijeli sa 60 g kisika. BPK₅ označava petodnevnu biokemijsku potrošnju kisika na 20°C, a mjera je za količinu kisika potrebnog za oksidaciju organskih tvari u vodi.

Nakon kratkog objašnjenja rada cijelog UPOV-a te mogućih nepoznatih pojmova, bitno je naglasiti da se ovaj rad bazira na mehaničkom predtretmanu kao prvom i neizostavnom dijelu procesa pročišćavanja voda.

2. METODE I TEHNIKE RADA

Završni je rad obrađen na teoretskoj razini uz korištenje dostupne literature u obliku knjiga te internetskih stranica uz konzultiranje s mentorom. Svi zaključci koji su doneseni temelje se na istraživanjima obavljenim prijašnjih godina.

3. KARAKTERISTIKE OTPADNE VODE

3.1. Podrijetlo otpadne vode

Razvojem današnjeg društva, spoznaja i tehnologije kontinuirano se pokušava poboljšati ljudski život na Zemlji, međutim, takvim se aktivnostima uvelike utječe na okoliš – prirodna dobra, životinjski i biljni svijet. Zbog prevelike želje za boljitkom, ljudi, ponekad i nesvjesno, uništavaju ono što im je inicijalno dano.

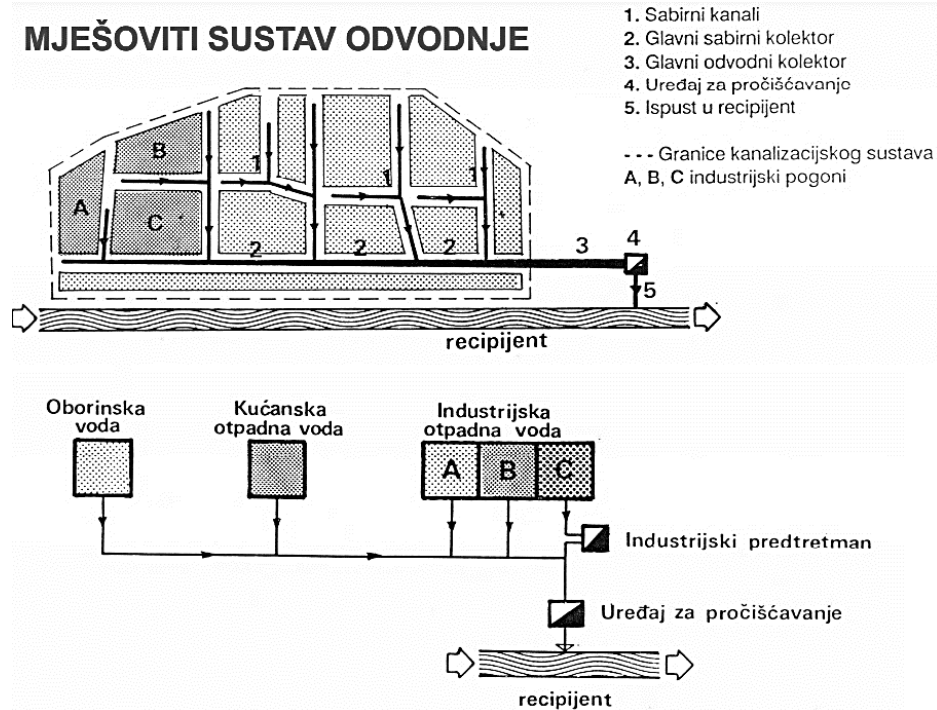
Već spomenute ljudske aktivnosti neizbježno stvaraju otpad, međutim, ne generiraju sve industrije niti pojedinci istu količinu otpada. Naglasak se trenutno stavlja na vrstu i količinu otpada kojeg stvaraju kućanstva, a ovisi o životnom standardu i ponašanju ljudi. Takav je otpad u krutom i tekućem stanju, ali postoje aktivnosti kojima se može promijeniti količina i struktura otpada. Isto se može primijeniti na otpad kojeg stvaraju industrijska postrojenja.

Otpadne vode koje stvaraju kućanstva i druga društva su onečišćena pitka voda od pranja, pripreme hrane i čišćenja te fekalna voda. Industrijska postrojenja preradom sirovina, čišćenjem pogona, rashladnim sustavima te samom proizvodnjom također onečišćuju vodu. U oborinske vode ubraja se kišnica i voda nastala topljenjem leda ili snijega.

Sustav odvodnje koji se koristi u određenim područjima može uvelike utjecati na strukturu otpadnih voda. Općenito za manje urbana ili starija područja veže se mješoviti sustav odvodnje u kojem se sve oborinske i otpadne vode odvede u uređaj za pročišćavanje zajedničkim kanalima. Takav je sustav jeftiniji i jednostavniji za građenje pa ga je u vrijeme kada se nije pridavalo previše pažnje zaštititi voda, bilo logično graditi. Naravno, urbanizacijom je svrsishodno povećana količina otpadnih i onečišćenih oborinskih voda pa se u razvijenijim područjima počeo koristiti razdjelni sustav odvodnje. Takav se sustav sastoji od dvije odvojene kanalske mreže, jedne koja odvodi oborinske vode i druge koja služi za odvođenje kućanskih i industrijskih otpadnih voda.

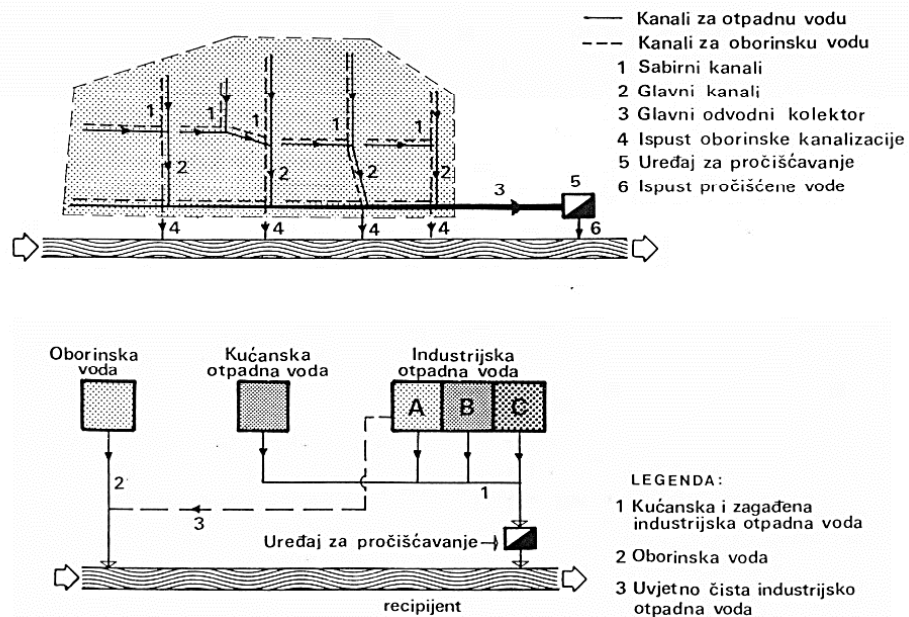
Logično je za zaključiti da je razdjelni sustav odvodnje onaj kojemu se teži iako je skuplji za građenje i održavanje, ali dugoročno gledano zasigurno pozitivno utječe na zdravlje ljudi, ponovnu iskoristivost vode, očuvanje biljnog i životinjskog svijeta.

MJEŠOVITI SUSTAV ODVODNJE



Slika 1: Mješoviti sustav odvodnje (Izvor: [1])

RAZDJELNI SUSTAV ODVODNJE



Slika 2: Razdjelni sustav odvodnje (Izvor: [1])

Tablica 1: Tipovi otpadne vode (Izvor: [2])

Otpadne vode iz zajednice	Otpadne vode kao nusprodukt u pročišćivačima
Otpadna voda iz kućanstava	Zgusnuti supernatant ¹
Otpadna voda iz institucija	Digestorski supernatant ²
Otpadna voda iz industrijskih postrojenja	Odbijena voda od odvodnjavanja mulja
Procjedna voda u kanalizaciju	Drenažna voda od odvodnjavanja mulja
Oborinska voda	Voda za ispiranje filtera
Voda iz septičkih jama	Voda za čišćenje opreme

¹Zgusnuti supernatant – tekuća faza koja se odvaja od čvrstih tvari tijekom procesa zgušnjavanja u kojem se uklanja višak vode iz suspenzija ili mulja

²Digestorski supernatant – tekuća faza koja se odvaja od čvrstih tvari tijekom procesa digestije

3.2. Sastojci otpadnih voda

Zagađenja u čvrstom i tekućem obliku iz kućanstava te onečišćenja uzrokovana tehnološkim procesima u industrijskim pogonima utječu na strukturu otpadnih voda.

Mikroorganizmi koji se pojavljuju u vodi, kao što su patogene bakterije i virusi, mogu narušiti zdravlje nakon konzumiranja ili korištenja za higijenske potrebe.

Biorazgradive organske tvari nastale raspadanjem biljaka i životinja smanjuju razinu kisika u prirodnim vodama i na taj način utječu na organizme koji tamo obitavaju, npr. ribe. Osim toga prouzrokuju neugodne mirise.

Ostali organski materijal kao što su pesticidi, deterdženti, boje, masti i ulja koji se pojavljuje u vodama zbog raznih ljudskih djelatnosti zamućuju vodu, to jest, estetski je zagađuju, a čine je i otrovnom.

Hranjive tvari, kao što su dušik, fosfor i aluminij, smanjuju količinu kisika u vodi, povećavaju rast algi i na taj način mijenjaju ravnotežu među organizmima te smanjuju kvalitetu.

Živa, olovo, kadmij, krom, bakar i nikal su metali čija prisutnost u određenoj koncentraciji može biti otrovna i imati velike posljedice na zdravlje.

Ostali anorganski spojevi poput kiselina i lužina zagađuju vodu te uzrokuju koroziju.

Ne valja se izostaviti i negativan učinak topline na vodu jer topla voda utječe na biljni i životinjski svijet mijenjajući životne uvjete.

Osim svih prije navedenih sastojaka otpadnih voda i negativnog učinka topline, na vodu nepovoljno utječe i radioaktivnost s toksičnim učinkom te smrad i okus koji onečišćena voda ima.

3.2.1. Komponente otpadnih voda

Glavna dva dijela otpadnih voda su zagađivač i voda s kojom se miješa. Naravno, veća koncentracija zagađivača označava veću onečišćenost vode. Upravo koncentracije dušika i fosfora utječu na odabir daljnjeg procesa pročišćavanja vode pa je bitno provoditi analize udjela komponenata otpadnih voda.

Bitna je količina i topivih i netopivih sastojaka otpadnih voda pošto se oni topivi ne mogu odvojiti postupcima filtracije, taloženja ili plutanjem.

Primarni cilj pročišćavanja voda jest osiguranje kvalitete i kvantitete pitke i ponovno iskoristive vode, ali ne pridaje se isti značaj svim elementima koji se u njoj mogu naći. Iako svi elementi mogu loše utjecati kako na same uređaje za pročišćavanje tako i na prihvatne vode.

Metali koji se nalaze u vodi mogu utjecati na mogućnost ponovne upotrebe mulja, koji se stvara tokom procesa pročišćavanja voda, u poljoprivredne svrhe.

3.2.2. Mikroorganizmi

U 19. stoljeću dokazano je da su mikroorganizmi uzročnici bolesti te ih se baš zbog toga pokušava eliminirati iz vode kojoj stanovništvo može pristupiti i koristiti. Mikroorganizmi se u vodi pojavljuju uglavnom zbog ljudskih izlučevina i zbog hrane. Nedvojbeno je da će se uvijek

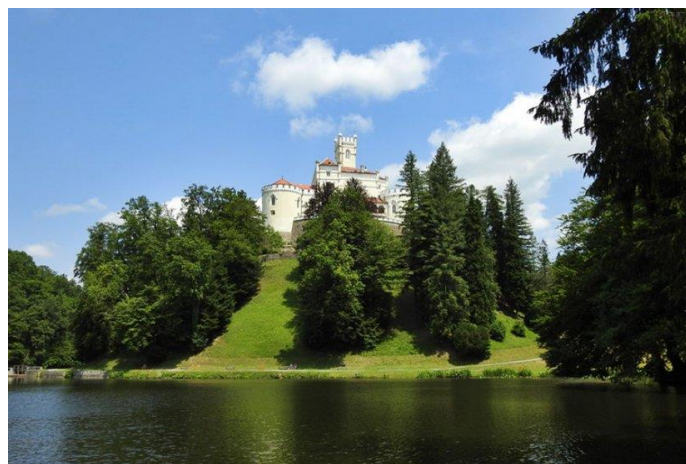
pojavljivati u sastavu te da ih treba izolirati kako voda ne bi stvarala prijetnju za zdravlje ljudi i okoliša.

Tablica 2: Prikaz koncentracija mikroorganizama na 100ml u otpadnoj vodi (Izvor:[2])

MIKROORGANIZMI	VISOKO	NISKO
E. coli	$5 \cdot 10^8$	10^6
Koliformne bakterije	10^{13}	10^{11}
Cl. perfringens	$5 \cdot 10^4$	10^3
Fekalni streptokok	10^8	10^6
Salmonela	300	50
Kampilobakter	10^5	$5 \cdot 10^3$
Listerija	10^4	$5 \cdot 10^2$
Staphylococcus aureus	10^5	$5 \cdot 10^3$
Kolifagi	$5 \cdot 10^5$	10^4
Giardia	10^3	10^2
Okrugli crvi	20	5
Enterovirus	10^4	10^3
Rotavirus	100	20

3.2.3. KPK i BPK

Organska tvar je prevladavajući zagađivač koji smanjuje količinu kisika. Ako se ne eliminira prije miješanja s prirodnim vodama, koje su bogate hranjivim tvarima, dolazi do eutrofikacije, a životinjske vrste postupno izumiru. Vodeni ekosustavi tada mijenjaju svoju boju u tamnozelenu i smeđu. Najpoznatiji primjeri eutrofikacije su Bodensko jezero i Trakošćansko jezero.



Slika 3: Primjer eutrofikacije, Trakošćansko jezero (Izvor:[3])

Kemijska potrošnja kisika (KPK) mjeri se kao tvar koja se može oksidirati jakim oksidansom, najčešće dikromatnim ionom, $Cr_2O_7^{2-}$. Oksidans je tvar koja prima elektrone i time oksidira druge tvari, reducirajući sebe u reakciji. Potrošnja takvog oksidansa smatra se ekvivalentom kisiku. KPK se mjeri u jedinici $mg\ O_2/l$.

Biokemijska potrošnja kisika (BPK) mjeri kisik potreban za oksidaciju dijela organske tvari također u mjernoj jedinici $mg\ O_2/l$. Standardna analiza BPK traje 5 dana (oznaka: BPK_5), ali koriste se i BPK_1 , BPK_7 te BPK_{25} ako je potrebno mjeriti gotovo sav biorazgradiv materijal.

Kao svojevrсни mjerači organske tvari, vrlo su važni u procesu pročišćavanja voda prije ispuštanja u prijemnik.

3.2.4. Udjeli

Udjeli različitih sastojaka karakteriziraju otpadne vode pa tako i način njihovog pročišćavanja na UPOV-ima. Iako većina elemenata koji onečišćuju vodu dolaze iz kućanstava, institucija i raznih industrija, u samoj kanalizaciji nalazimo i oborinske i procjedne vode koje ju razrjeđuju, ostavljajući udjele istima.

Ukoliko je omjer KPK i BPK velik, poveći se dio organske tvari neće biološki razgraditi.

Osim što su udjeli važni za procese koji se trebaju odvijati tijekom pročišćavanja, indikacije su i za moguće nepravilnosti u sustavu. Povećani udio sastojka u kratkom vremenu može značiti neuobičajena ispuštanja štetnih tvari u sustav pa time i ilegalne radnje industrija.

3.3. Ekvivalent stanovnika i opterećenje po stanovniku

Onečišćenje koje stvaraju kućanstva ovise o njihovom načinu života, socioekonomskoj situaciji, tipu kućnih instalacija i onih izvan.

Ekvivalent stanovnika (ES) izražava se kao volumen vode ili BPK po danu, odnosno predstavlja otpadnu vodu koju reproduciraju stanovnici. Diljem svijeta se koristi kao prosjek po stanovniku, ali je konstantna mjera definirana s: $1\ ES = 0,15\ m^3/d$ ili $1\ ES = 60\ g\ BPK/d$. (Izvor:[2])

Opterećenje po stanovniku kao stvarna mjera za doprinos jednog stanovnika priključenog na odvodni sustav uglavnom se umnogome razlikuje od jedne do druge osobe.

3.4. Protok otpadne vode

Protok otpadne vode mijenja se kroz vrijeme i različit je na različitim lokacijama, zbog čega ga je i teško precizno izmjeriti.

Glavna jedinica u kojoj se izražava je prolazak volumena vode u jedinici vremena, dakle m^3/dan ili m^3/s ili m^3/h ili l/s .

Mjerne jedinice koje se koriste za pročišćavanje vode, obuhvaćaju komponente u kojima se voda zadržava kratko i duže. U sitima, rešetkama te komorama za prikupljanje pijeska, voda se zadržava kratak period pa je jedinica u kojoj se protok kod njih izražava, m^3/s . U spremnicima za taloženje, voda se zadržava duže pa je jedinica korištena za protok m^3/h .

3.5. Otpadne vode iz kućanstava

Velik je doprinos kućanstava u stvaranju svih vrsta otpada, kako krutih tako i tekućih te se razlikuje u količini i ovisi o lokaciji. Količina i sastav takvog otpada može se pokušati regulirati i mijenjati u cilju lakšeg zbrinjavanja te manjeg utjecaja na zagađenje okoliša.

Prehrana se smatra jednim od važnijih čimbenika na sastav otpadne vode te se odvajanjem sanitarne vode od ostatka smanjuju fosfor, dušik i organsko opterećenje.

Urin najviše doprinosi količini hranjivih tvari pa se njegovim izdvajanjem smanjuje koncentracija dušika u otpadnoj vodi.

Kuhinjski otpad se također može podijeliti na onaj kruti i tekući, a općenito sadrži mnogo organskih tvari. Teži se odvajati kruti otpad kako bi se kasnije mogao obraditi, a ako se takve aktivnosti ne obavljaju i kruti se otpad ispušta gdje i tekući, otpadna voda mijenja svoj oblik, sastav i otežan joj je transport te zbrinjavanje. Tekući dio otpada valja koristiti za navodnjavanje. Takozvana crna voda jest voda iz sanitarija koja se ne koristi u ostale svrhe zbog svoje toksičnosti.

Dakle, kako bi se na dobar način onečišćena voda zbrinula i pročistila za ponovno korištenje, bitna je spoznaja o sastavu i udjelima tvari koje ju čine, a koji utječu na moguće kemijske procese. Isto tako, zanimljiva je činjenica da se po otpadnoj vodi koju jedna osoba reproducira, mogu saznati informacije o načinu njenog življenja, prehrani pa i korištenju nedopuštenih supstanci.

4. PROJEKT IZGRADNJE UPOV-A

4.1. Motivacija za izgradnju UPOV-a

Za primjer je uzet Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda na području Zagreba, gdje je glavni prijemnik istih, rijeka Sava. Rijeka Sava u našoj klimi kroz proljeće i jesen poprima visoki vodostaj, a ljeti niski. Širenjem naselja, koja su u prošlosti bila bez ikakve kanalizacije, dolazi do problema loše higijene kao i zagađenja okoliša pa se dolazi do zaključka da je potrebna kanalizacijska mreža, a kasnije i uređaji za pročišćavanje vode iz kanalizacijske mreže. Isti problem se javlja i industrijalizacijom.

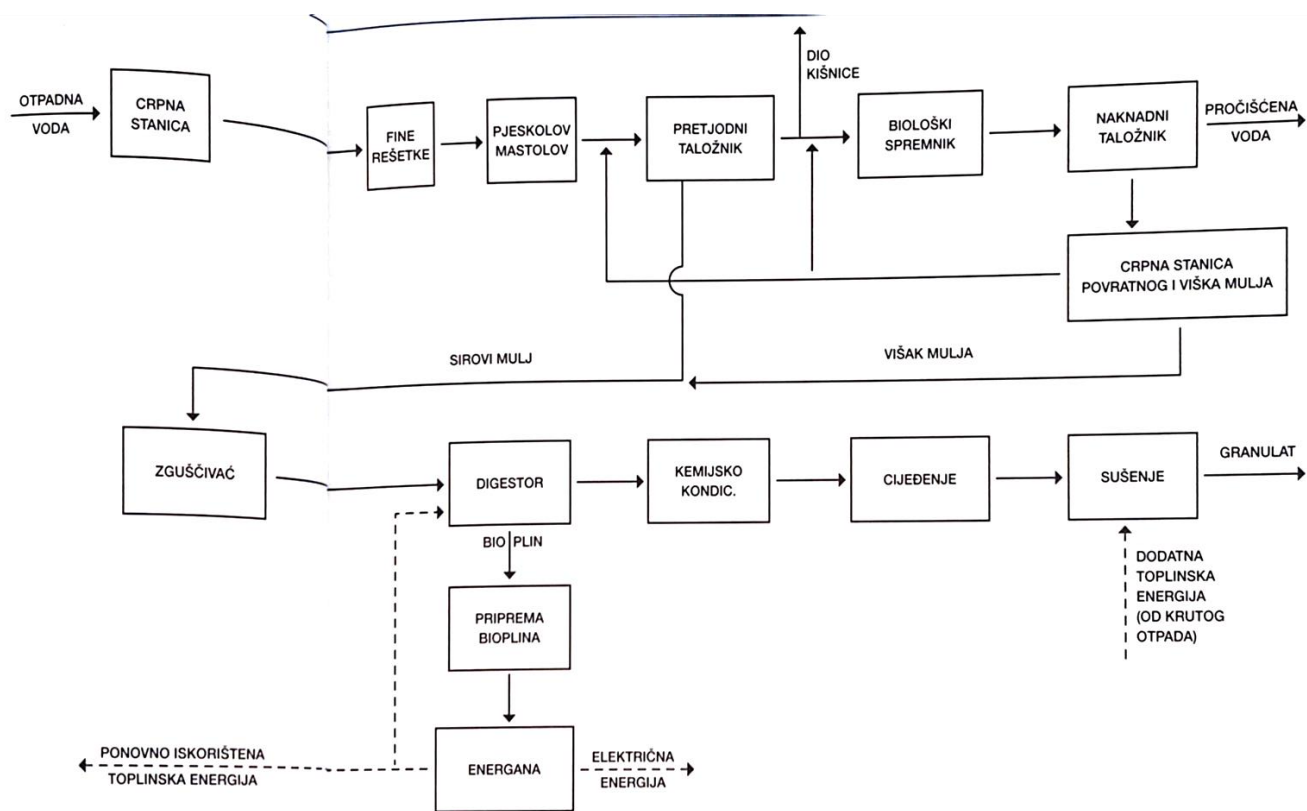


Slika 4: Uljev glavnog otpadnog kanala u rijeku Savu (Izvor:[4])

4.2. Podatci potrebni za projekt izgradnje UPOV-a

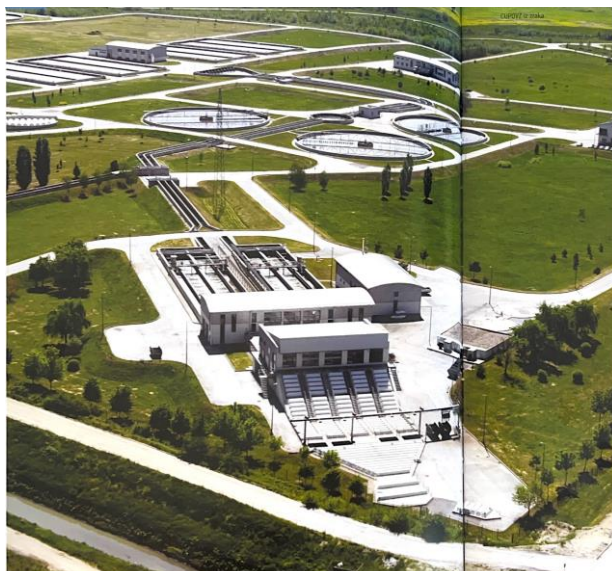
Nakon donošenja zaključka o potrebi za Uređajem za pročišćavanje otpadnih voda, sljedeći je korak određivanje lokacije te broja samih uređaja i tehnoloških postupaka za čišćenje otpadnih voda. Kao i svaka aktivnost, čišćenje vode također stvara određene nusprodukte, koji se moraju negdje skladištiti, tj. potrebno je pronaći lokaciju za odlaganje otpadnih stvari. Ovakav je projekt

vrlo složen te uključuje velike troškove i veliki broj učesnika. Ulazni podatci za jedan ovako opsežan i specijalan projekt jesu: Ekvivalent stanovnika (ES), Srednji i najveći dotok sušnog razdoblja, najveći kišni dotok, opterećenje organskom tvari i opterećenje raspršenom tvari. Da bi se došlo do svih ulaznih podataka za projektiranje UPOV-a, moraju se provesti istraživanja 1. i 2. faze, biološko-ekološka istraživanja, studija utjecaja na okoliš te istraživanje gospodarenja nusproduktima.



Slika 5: Shema projekta UPOV-a (Izvor:[4])

Uzme li se za primjer već spomenuti Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Zagrebu, čija je motivacija za izgradnju očuvanje i poboljšanje kvalitete rijeke Save, tijekom projektiranja važno je bilo obuhvatiti sva istraživanja kako bi CUPOVZ mogao obavljati svoju zadaću..



Slika 6: CUPOVZ iz zraka (Izvor:[4])

5. OBRADA OTPADNE VODE I GLAVNE JEDINICE UPOV-A

5.1. Faze obrade otpadne vode na UPOV-u

Cijeli ciklus obrade otpadne vode na UPOV-u počinje mehaničkim predtretmanom, koji je kao svojevrsni nulti korak i glavna tema ovog Završnog rada pa će se temeljnije teoretski obraditi u kasnijim poglavljima.

Sljedeći je korak 1. stupanj pročišćavanja na UPOV koji se sastoji od prethodnih taložnika koji izdvajaju primarni mulj.

Nakon izdvajanja primarnog mulja slijedi 2. stupanj pročišćavanja na UPOV, tj. biološko pročišćavanje. Tijekom ovog pothvata izdvajaju se otopljene organske tvari i mulj drugog stupnja.

Prilikom 3. stupnja pročišćavanja na UPOV eliminiraju se dušik (N) i fosfor (P).

Dijelovi UPOV-a koji sudjeluju u ovim koracima, obrađeni su u sljedećem poglavlju.

5.2. Glavni dijelovi UPOV-a

Proces pročišćavanja otpadne vode na UPOV-u započinje mehaničkim predtretmanom na grubim rešetkama, nakon koje najčešće dolazi ulazna crpna stanica, pa fina rešetka i nakon nje aerirani pjeskolov-mastolov. Kada se odvoje pijesak i masti te krupna strana tijela, pomoću mjerača protoka mjeri se protok i tu završava mehanički predtretman.

Sljedeći dio UPOV-a jest biološki filter nakon kojeg slijedi fekalna stanica i na koju se nadovezuje odvodni kanal prema GOK-u kao posljednji dio UPOV-a.



Slika 7: Glavni dijelovi UPOV-a na primjeru CUPOVZ-a iz zraka (Izvor:[4])

6. MEHANIČKI PREDTRETMAN NA UPOV-IMA

6.1. Rešetke korištene na UPOV-ima

Prilikom ulaska u UPOV, otpadna voda sadrži i razne vrste krutog otpada. Takav otpad može prouzročiti probleme u daljnjem radu samog uređaja i neučinkovitost pročišćavanja otpadne vode pa naposljetku i zagaditi prirodne vodotoke. Kako bi čitav proces pročišćavanja voda bio pouzdan bitno je odvojiti takav otpad, a za to se koriste rešetke.

Rešetka je općenito uređaj s otvorima određenih dimenzija kojim se zadržavaju krutine. Kao takve se na UPOV-ima rešetke dijele prema veličini otvora i načinu rada. Konstruirane mogu biti od paralelnih šipki, štapova i žica ili rešetki te od žičanih mreža i perforiranih ploča.

Rešetke se prema veličini otvora dijele na grube, srednje fine i fine rešetke. One s najvećim otvorima, 6-150 mm, su grube rešetke i uglavnom se postavljaju prve. Ugrađuju se pod kutom od 30° do 80°, a maksimalna brzina tečenja otpadne vode koju mogu primiti je 1,2 m/s. Svojim tijelom štite pumpe, ventile i cjevovode od začepljenja glomaznim otpadom i velikim krutinama.

Srednje fine rešetke okarakterizirane su otvorima od 5 do 20 mm, a rešetke s najmanjim otvorima, do 6 mm, zvane su finim rešetkama. Fine se rešetke postavljaju na mjesto ili nakon grubih rešetki, ovisno o karakteristikama otpadne vode. Svojim radom odvajaju otpad koji bi mogao naštetiti elementima cijelog sustava te eliminiraju otpad koji bi mogao omesti ponovno korištenje biosolidiranih tvari.

Prema načinu rada se klasificiraju na ručno čišćene rešetke i na mehanički čišćene rešetke. Ručno čišćene rešetke koriste se uglavnom u manjim postrojenjima u kojima se očekuje i manja količina otpada.

Mehaničke rešetke se koriste pak u većim postrojenjima s većim protokom otpadne vode.

Općenito se projektiranju rešetki na UPOV-ima pristupa s načelom da razmak šipki rešetke mora biti manji od veličine čestica koje bi trebale zaustaviti i koje se nalaze u otpadnoj vodi.

Brzina vode s krupnim otpadom ne smije biti velika kako bi se isti mogao i zaustaviti, a opet ako je brzina mala, rešetka bi se mogla začepiti.

Sljedeći kriterij jest nagnutost rešetke od horizontale, najčešće se koristi kut od 60°.

Pošto su rešetke u konstantnom doticaju s otpadnom vodom, materijal od kojih se izrađuju mora biti postojan pa se najčešće koristi nehrđajući čelik.

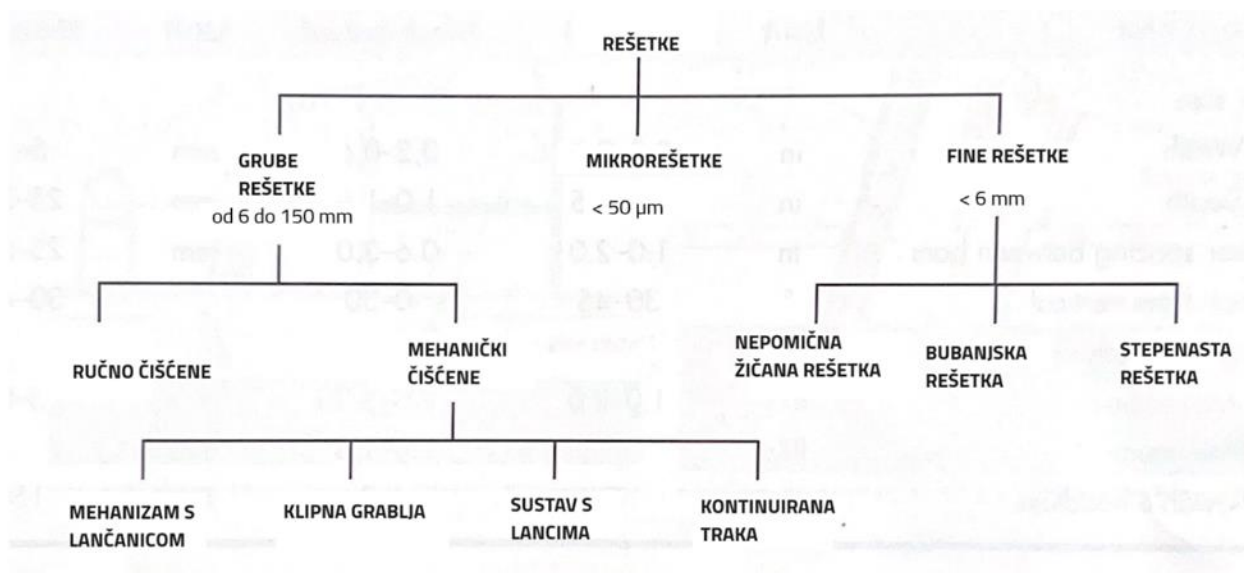
Prilikom projektiranja rešetki, među zadnjim koracima jest misao o zbrinjavanju otpada kojeg će rešetke izdvojiti svojim radom, a o kojima ćemo više u kasnijem poglavlju.



Slika 8: Gruba rešetka (Izvor:[5])



Slika 9: Fina rešetka (Izvor:[5])



Slika 10: Podjela rešetki (Izvor:[7])

6.1.1. Ručno čišćene grube rešetke

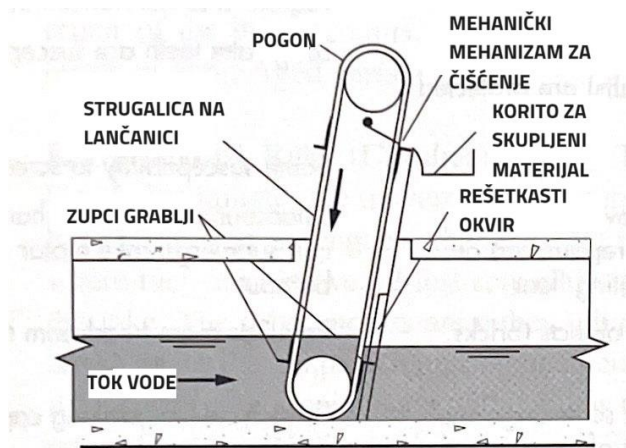
Ručno čišćene grube rešetke koriste manualni rad za uklanjanje sakupljenog otpada. Postavljaju se ispred pumpi u crpnim stanicama, samostalno u malim UPOV-ima, uslijed pojave poplavnih voda za pročišćavanje u oteretim kanalima te se koriste prilikom prestanka rada mehaničkih rešetki zarad popravaka ili nestanka struje. Duljina rešetki mora biti u skladu s prosječnim dohvatom ljudske ruke, a to je cca. 3 m. Kanali za dovod i odvod vode moraju biti takvi da se u njima ne skuplja šljunak s dobro projektiranim uzdužnim padom bez nepravilnosti u kojima bi se otpad mogao skupljati. Najbolja trasa kanala je pravac, kojemu se uvijek prilikom projektiranja teži.

6.1.2. Mehaničke grube rešetke

Mehaničke rešetke su one koje se čiste samostalno ugrađenim mehanizmom te tako smanjuju ručni rad, a povećavaju kapacitet uklanjanja otpada skupljenog na rešetkama. U današnje vrijeme su najčešće plastične ili od nehrđajućeg čelika. Mehanizam koji koriste može biti s lančanim pogonom, klipni, s lancima te kao kontinuirana traka.

6.1.2.1. Mehaničke rešetke s lančanim pogonom

Rešetke s lančanim pogonom dijele se s obzirom na to čiste li otpad uzvodno ili nizvodno te s obzirom na to vraćaju li se grablje do dna rešetke s prednje ili stražnje strane. Različiti tipovi rešetki s lančanim pogonom dijele problematiku potopljenog lančanika koji zahtijeva pažnju tokom rada, a i česte popravke.



Slika 11: Shema mehaničke rešetke s lančanim pogonom (Izvor:[7])



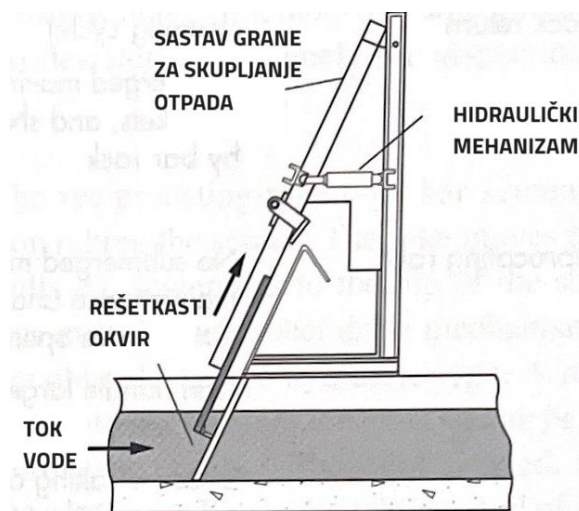
Slika 12: Mehanička rešetka s lančanim pogonom (Izvor:[10])

Tablica 3: Prednosti i mane različitih mehanizama lančanog pogona

TIP POGONA	Uzvodno čišćenje i vraćanje sprijeda	Uzvodno čišćenje i vraćanje straga	Nizvodno čišćenje
PREDNOSTI	Zadržavanje zarobljenih krutina	Grablje prolaze nizvodnom stranom rešetke, prolaze podnožjem i tijekom uzvodnog penjanja čiste rešetku smanjujući mogućnost zaglavlivanja	Šipke štite grablje od oštećenja krhotinama
MANE	Nedostatak robusnosti Zaglavlivanje zbog nakupljenih krutina na dnu	Zglobna ploča ispod rešetke se može zaglaviti	Manje robusne od ostalih Uslijed trošenja grablji otpad se prenosi na nizvodnu stranu

6.1.2.2. Mehaničke rešetke s klipnom grabljom

Ovakav mehanizam čišćenja rešetke oponaša pokrete kakve bi imao čovjek s grabljom koji skuplja otpad prema vrhu gdje se otklanja. Grablja se penje od dna rešetke skupljajući otpad prema vrhu rešetke na kojem se isti eliminira, čineći ovu rešetku zapravo mehanizmom s uzvodnim čišćenjem i vraćanjem sprijeda.. Pogon ovakvih rešetki je hidraulička pumpa ili potopni električni pogon. Prednost je dostupnost svih kvarljivih dijelova jer se nalaze iznad vodne razine, ali nedostatak je smanjeni kapacitet čišćenja.



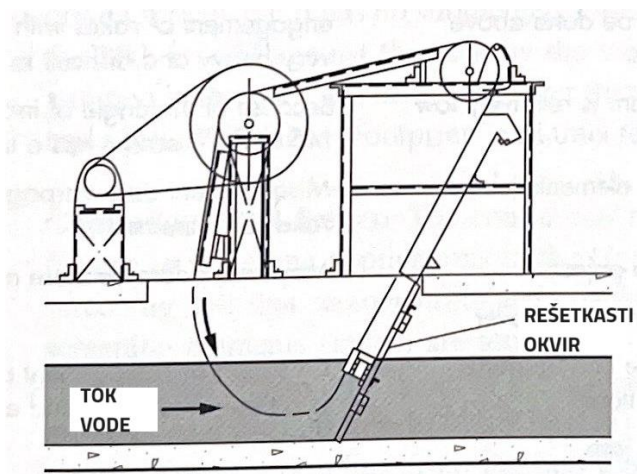
Slika 13: Shema mehaničke rešetke s klipnom grabljom (Izvor:[7])



Slika 14: Mehanička rešetka s klipnom grabljom (Izvor: [11])

6.1.2.3. Mehaničke rešetke sa sustavom lanca

Ovakva mehanička rešetka je u stvari tip rešetke s lančanim pogonom koja čisti uzvodno i vraća se s prednje strane. Grablje su uz rešetku pridržane težinom lanca pa samim time prelaze preko zaglavljениh krutina između šipki.



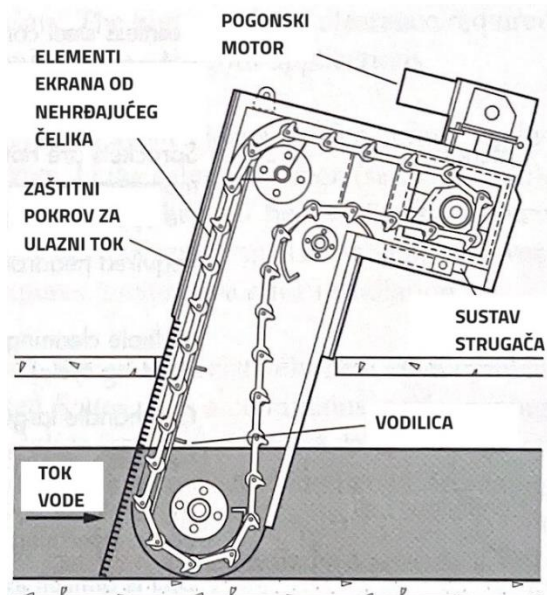
Slika 15: Shema mehaničke rešetke sa sustavom lanca (Izvor:[7])



Slika 16: Mehanička rešetka sa sustavom lanca (Izvor:[12])

6.1.2.4. Mehanička rešetka s kontinuiranom trakom

Konstrukcija mehaničke rešetke s kontinuiranom trakom koja se sama čisti relativno je nova. Zupci koji se nalaze na kontinuiranoj traci skupljaju i krupni i fini otpad, a pozitivna strana u vidu održavanja jest što nema potopljenih dijelova.



Slika 17: Shema mehaničke rešetke s kontinuiranom trakom (Izvor:[7])



Slika 18: Mehanička rešetka s kontinuiranom trakom (Izvor:[13])

6.1.3. Projektiranje grubih rešetki

Prilikom projektiranja grubih rešetki koje će se nalaziti u sklopu UPOV-a, bitno je odrediti njihovo mjesto u uređaju, brzinu dolazeće vode i one koja prolazi rešetkom, veličine otvora rešetke, njihovo održavanje i kontrolu rada te način zbrinjavanja sakupljenog otpada o kojem će se kasnije i govoriti.

Grube se rešetke postavljaju na početku linije vode na UPOV-u, brzina dolazećeg toka vode kod ručno čišćenih rešetki uglavnom ne bude manja od 0,4 m/s. Za smanjenje brzine vodnog toka, općenito se koriste metode proširenja korita te smanjenje uzdužnog pada. Brzina vode kroz rešetke se ograničava na 1,6 m/s kako otpad pri vršnim protocima ne bi mogao proći otvorima rešetke.

Hidraulički gubitci ovise o brzini vode, a gubitak tlaka vode prolaskom kroz rešetku se može izračunati pomoću formule:

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

Gdje su: h_L – gubitak tlaka [m]

C – Empirijski koeficijent protoka koji uzima u obzir turbulencije [-]

V – brzina protoka kroz rešetku [m/s]

v – brzina dolazećeg toka vode [m/s]

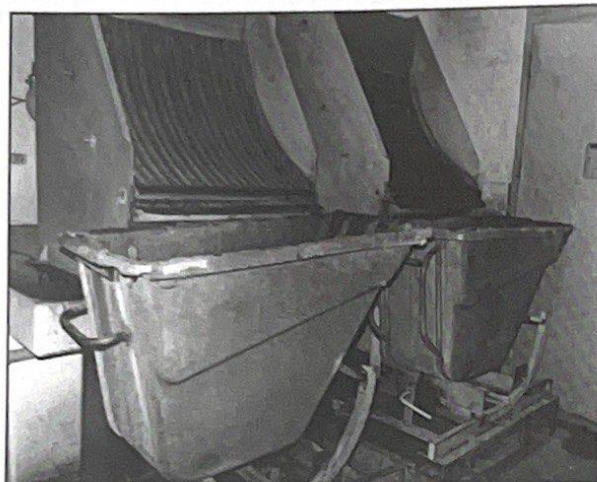
g – ubrzanje sile teže, 9,81 m/s²

6.1.4. Fine rešetke

Fine rešetke, otvora od 0,5 mm do 6 mm, nailaze na široku upotrebu. Osim u mehaničkom predtretmanu koriste se i u prvom stupnju pročišćavanja na UPOV, ali i u kasnijim stadijima čišćenja otpadne vode te kao tretman otpadne vode iz mješovitog kanalizacijskog sustava. Upotrebljavane su nepomične žičane rešetke, bubanjske te stepenaste fine rešetke.

6.1.4.1. Nepomične žičane rešetke

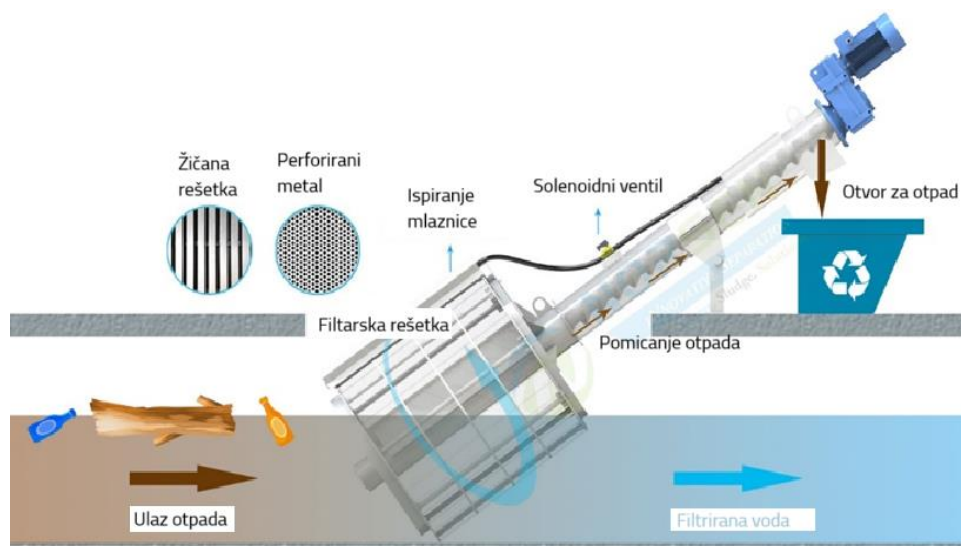
Sitni otvori, od 0,5 do 1,2 mm, na ovim rešetkama od nehrđajućeg čelika skupljaju fini otpad iz vode koja dolazi direktno na rešetku. Otpad se uklanja, a one se jednom ili dvaput dnevno čiste toplom vodom, parom i/ili odmašćivačem za sprječavanje neugodnih mirisa. Nepomične žičane rešetke se najčešće koriste u manjim postrojenjima.



Slika 19: Nepomična žičana rešetka (Izvor:[7])

6.1.4.2. Bujanjska rešetka

Bujanjske rešetke s finom rešetkom od pletiva ili perforiranog lima montiranom na cilindar te sapnicom za ispiranje okreću se u samom dolaznom vodotoku. Konstruirane su na način da otpadna voda ulazi na vrhu i prolazi rešetkom prema drugom kraju, a otpad se skuplja u unutrašnjosti ili na vanjskoj površini tijela. Ovakve su rešetke u dijametru široke od 0,9 do 2 m, dok im duljina varira od 1,2 do 4 m.



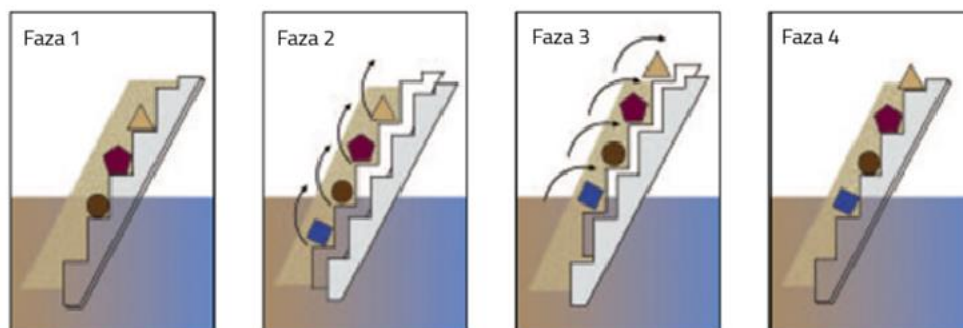
Slika 20: Shema mehaničke bujanjske rešetke (Izvor:[6])



Slika 21: Bubanjska rešetka (Izvor: [14])

6.1.4.3. Stepenaste rešetke

Stepenaste rešetke su dizajnirane pomoću dva stepenasta niza okomitih lamela koje se izmjenjuju duž kanala tvoreći zajedno jednu rešetkastu površinu. Jedna od lamela je pokretna u vertikalnom smjeru i takvim pomicanjem sakupljenog materijala, koji tvori tepih, transportira na sljedeću stepenicu prema vrhu. Na vrhu rešetke materijal se skuplja pa odlaže i zbrinjava.



Slika 22: Shema stepenaste rešetke (Izvor: [5])



Slika 23: Stepenasta rešetka (Izvor: [15])

6.1.5. Projektiranje finih rešetki

Prilikom projektiranja finih rešetki uključuju se minimalno dvije rešetke koje mogu podnijeti vršni protok. Osim toga, u blizini samih rešetki osigurava se određena količina hladne ili tople vode te pare za njihovo čišćenje. Gubitak tlaka vode kroz fine rešetke računa se na drugačiji način od gubitaka na grubim rešetkama, koristeći formulu:

$$h_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2$$

Gdje je: h_L – gubitak tlaka vode [m]

g – gravitacijsko ubrzanje, 9,81 m/s²

Q – protok [m³/s]

C – koeficijent protoka za rešetku, za čistu rešetku 0,6

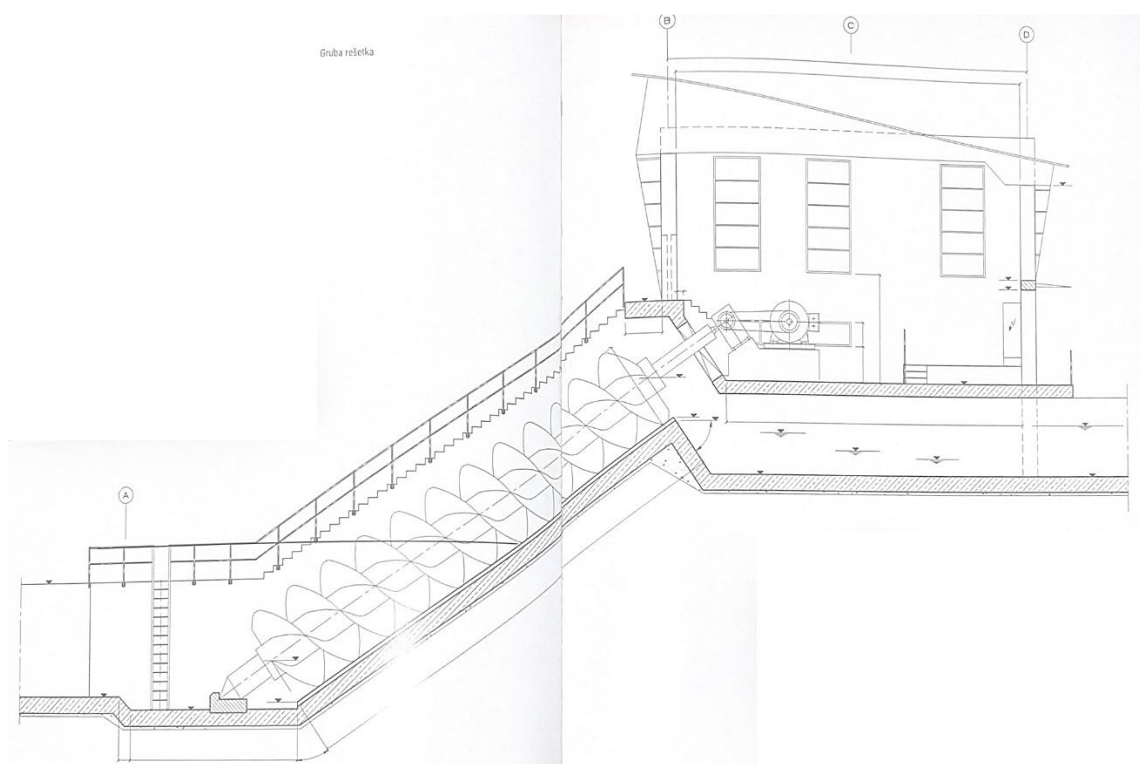
A – efektivna površina potopljene rešetke [m²]

Koeficijent protoka kroz rešetku C i njena efektivna površina A ovise o dizajnu rešetke, a pruža ih proizvođač.

6.2. Ulazna crpna stanica

Crpna stanica je hidrotehnička građevina koja služi za crpljenje vode iz nekog akumulacijskog područja ili za podizanje vode s niže na višu razinu. Ulazna crpna stanica na UPOV-u je mjesto ulaska kanalizacijske otpadne vode u uređaj, i najčešće se ugrađuje odmah nakon grube rešetke. Takav transport se najčešće odvija gravitacijskim tokom jer se kanalizacija nalazi na nižoj točki.

Podatci iz projekta ulazne crpne stanice su: dotok u sušnom i kišnom razdoblju [m^3/h], broj crpki [kom], kapacitet crpki [m^3/h], promjer crpke [mm] te nagib [$^\circ$].



Slika 24: Presjek ulazne crpne stanice s pužnim crpkama (Izvor:[4])

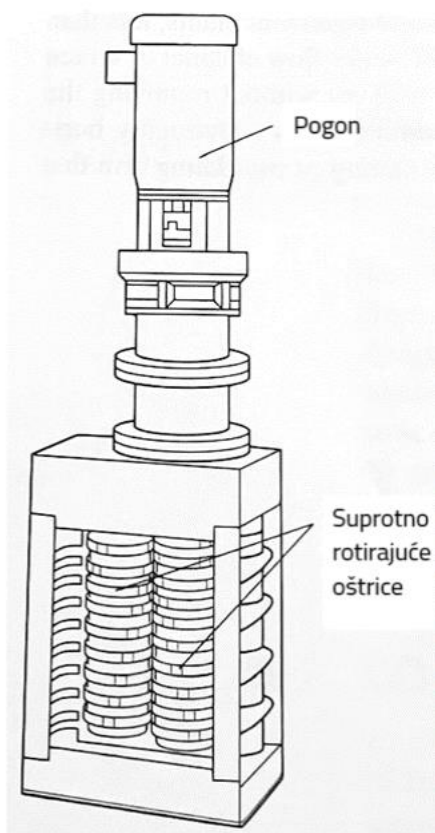
6.2.1. Usitnjavanje grubih krutih tvari

Usitnjavanju krutog otpada se u principu pristupa zbog problema zbrinjavanja nakon procesa pročišćavanja otpadnih voda, pogotovo u hladnijim klimama gdje se odložen otpad smrzava. Princip rada se bazira na brzim mlinovima usitnjivačima i rešetkama koji smanjuju krutine i vraćaju ih u vodotok nizvodno za daljnju obradu na UPOV-u.

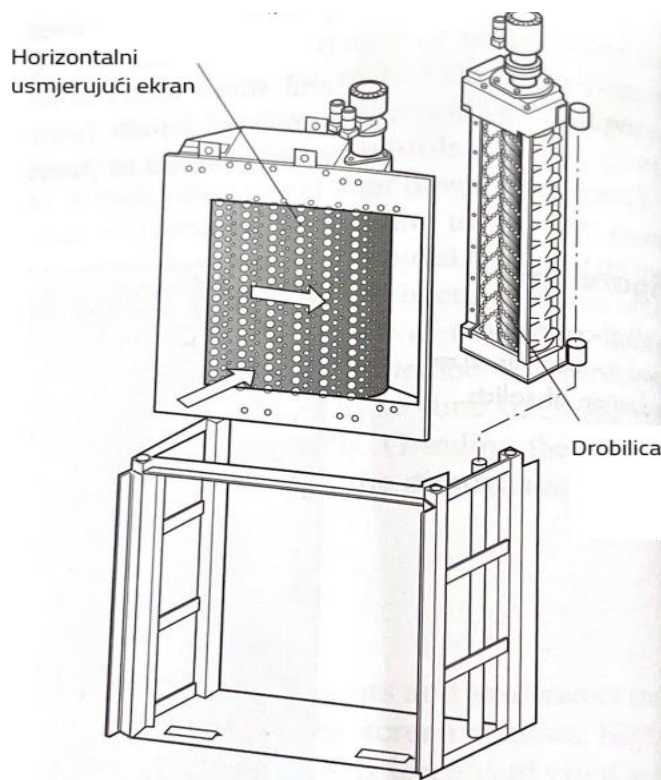
Usitnjivačima, tj. vertikalno postavljenim sporim drobilicama, se pomoću dvije oštrice koje rotiraju na suprotne strane ili pomoću ekrana koji usmjerava vodu na drobilicu s jedne strane kanala usitnjava kruti otpad.

Usitnjivači se koriste kao uređaji za usitnjavanje čestica od 6 mm do 20 mm uglavnom na malim UPOV-ima. Konstruirani su na način da sadržavaju horizontalnu rešetku i zupce koji se uhvate u njene otvore i usitnjavaju otpad, ali mogu stvoriti strunastu strukturu koja može začepiti uređaje korištene nizvodno u tretmanu.

Brzi mlinovi skupljaju materijal s rešetke i usitnjavaju ga do praškastog oblika te se šalje dalje u vodotok.



Slika 25: Usitnjivač sa suprotno rotirajućim oštricama (Izvor: [7])



Slika 26: Usitnjivač s usmjeravajućim ekranom (Izvor:[7])

6.3. Fine rešetke kao dio UPOV-a

Sljedeći dio UPOV-a nakon crpne stanice s grubom rešetkom jesu fine rešetke koje služe za uklanjanje manjih krutina. U principu izgledaju kao gusta mreža te se nalaze u zatvorenim zgradama kako bi se izbjeglo širenje neugodnih mirisa te o kojima se više govorilo u *Poglavlju 6.1.* Podatci koji se iščitavaju iz projekta finih rešetki su: broj [kom], razmak otvora [mm], širina rešetke [m], nagib [°] te broj transportera otpadnog materijala s rešetki [kom].

6.4. Pjeskolov-mastolov

Svrha pjeskolova-mastolova u cjelokupnom UPOV-u jest smanjenje opterećenja pijeskom i mastima na sustav pročišćavanja i dulji vijek trajanja opreme koja sudjeluje u tom procesu. Najčešće se postavlja nakon rešetki jer se pijesak lakše uklanja nakon prethodno odvojenih krutih tvari

Sam pjeskolov taloženjem težih čestica na dnu prikuplja i eliminira pijesak i šljunak iz otpadne vode, a eliminiranje se može provesti i centrifugalnim odvajanjem krutina.

Mastolov kao takav ima zadaću izdvajanja i eliminacije tvari manje gustoće od vode. Takve su tvari masti i ulja koje zbog gravitacije isplivavaju na površinu te se mehanički uklanjaju.

Osim toga, razlog učestvovanja pjeskolova-mastolova prilikom pročišćenja otpadne vode bio bi smanjenje estetskog zagađenja, zaštita opreme, sprječavanje taloženja pijeska u dijelove uređaja, uklanjanje teško razgradivih masti, poboljšanje prijenosa kisika u aeracijskim spremnicima.

Projektirani pjeskolov-mastolov obuhvaća broj samih jedinica [kom], vrijeme zadržavanja vode u kišnom i sušnom razdoblju [min], širina komore pjeskolova [m], dubina i duljina pjeskolova [m], površina poprečnog presjeka [m²], širina i duljina komore za isplivavanje masti [m].



Slika 27: Pjeskolov-masolov u praksi (Izvor:[5])

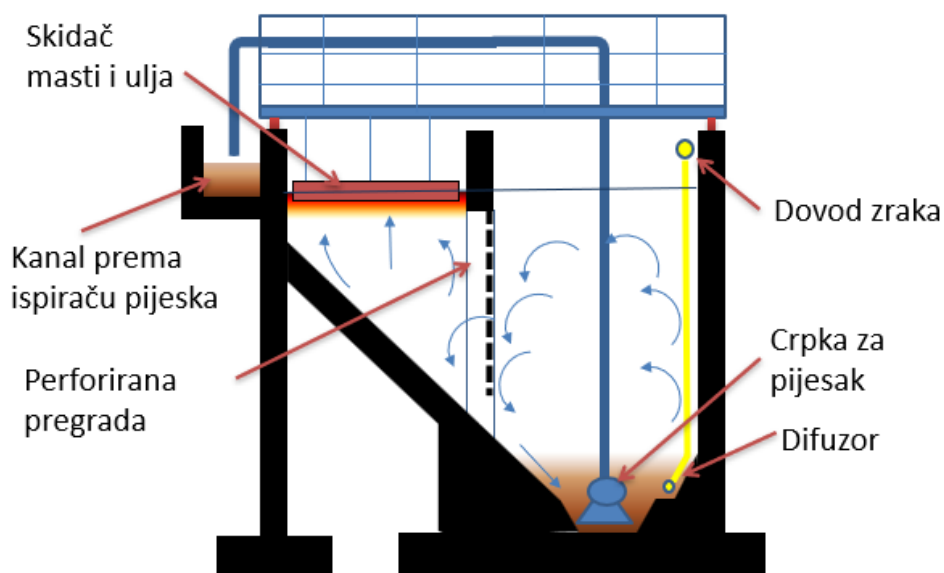
6.4.1. Vrste pjeskolova

Tipovi pjeskolova su onaj aerirani, vrtložni vortex pjeskolov te kanalski tip pjeskolova koji može biti pravokutnog ili složenog poprečnog presjeka. Takav kanalski tip pjeskolova se koristio prije, a u današnje se vrijeme daje prednost pri korištenju drugih tipova.

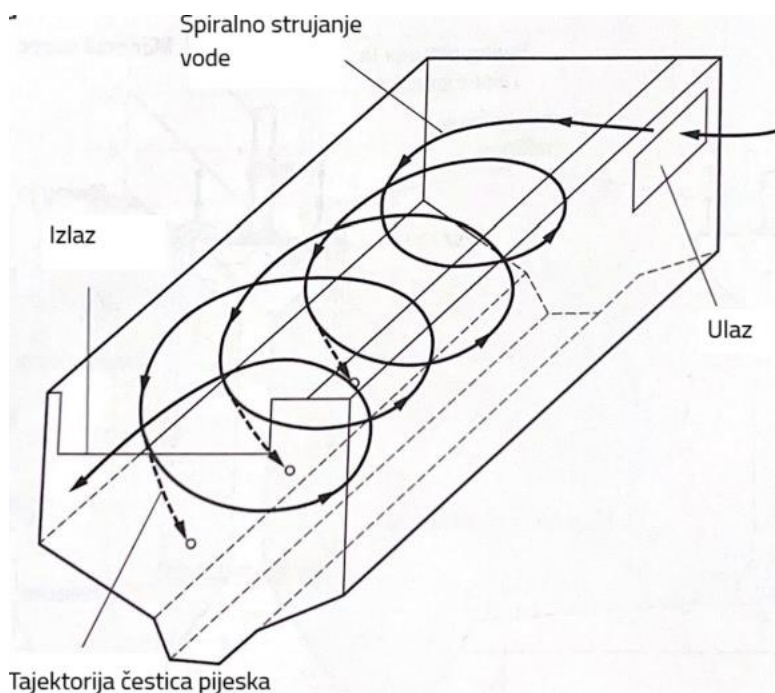
6.4.1.1. Aerirani pjeskolov-mastolov

Aerirani pjeskolov-mastolov označen je riječju prozračen. Zrak se uvodi pomoću difuzora u tok otpadne vode kreirajući spiralni protok vode i pomaže pri izdizanju lakših čestica od vode na površinu te pri taloženju težih čestica na dnu. U vodi se manifestira pojavom mjehurića koji zajedno s mastima isplivavaju na površinu, a teže se čestice talože na dnu spremnika. Istaložen pijesak se s dna skuplja kantama ili pomoću skupljačkih letva na dnu spremnika.

Prilikom projektiranja ovakvog uređaja bitno je u obzir uzeti povećanje volumena vode u spremnicima uvođenjem zraka, a prednosti su mu integrirana funkcija, tj. istovremeno uklanjanje i pijeska i masti. Osim toga, prisutnost zraka osigurava skoro potpuno taloženje pijeska te ispiranje organskih tvari s njegovih čestica za eliminaciju neugodnih mirisa.



Slika 28: Shema aeriranog pjeskolova mastolova (Izvor:[5])



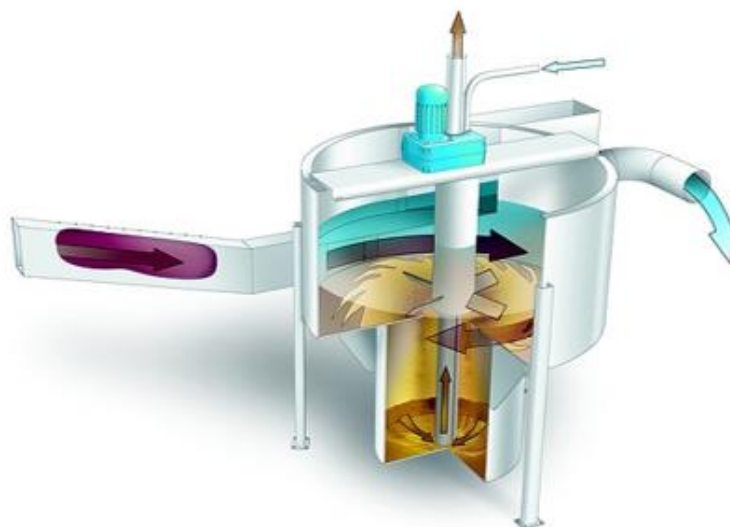
Slika 29: Spiralno strujanje u aeriranom pjeskolovu-mastolovi (Izvor:[7])

6.4.1.2. Vrtložni pjeskolov

Kako bi vrtložni pjeskolov kao cilindričan spremnik odrađivao svoju funkciju u UPOV-u bitno je ostvariti vrtložni tok vode na način da voda tangencijalno ulazi u uređaj. Na taj se način pomoću centrifugalne sile, koja djeluje od centra zakrivljenosti prema vanjskim rubovima, i gravitacijske sile čestice pijeska talože na rubovima i dnu te od tamo mehanički i kontinuirano uklanjaju. Prednost ovakve konstrukcije pjeskolova je što zauzima manje prostora od ostalih.

Vrtložni pjeskolov može biti dizajniran na način da voda ulazi i izlazi tangencijalno, rotirajući turbinu i na taj način inicira odvajanje pijeska i organskih tvari. Pijesak se zbog gravitacije taloži direktno u lijevak.

Kod drugog tipa vrtložnog pjeskolova voda ulazi tangencijalno pri vrhu uređaja i tako stvara vrtložni tok, Pomoću gravitacije se pijesak taloži, a organske tvari uz djelovanje centrifugalne sile izlaze van zajedno s vodom.



Slika 30: Shema vrtložnog pjeskolova (Izvor:[5])

6.4.1.3. Kanalski pjeskolov

Ulazak otpadne vode u kanalski pjeskolov ostvaruje se upravo kanalom, a usporeni tok vode omogućuje taloženje pijeska na dno uređaja s kojeg se uklanja struganjem ili na pužnoj pokretnoj traci. Protok vode je horizontalan, a regulira se dimenzijama samog kanala te ulaznom površinom i izlaznim preljevom. Prednost ovakvog tipa uređaja za uklanjanje pijeska je ekonomičnost koja se očituje u manji troškovima izgradnje i održavanja te u jednostavnosti same konstrukcije. Zbog pronalaska efikasnijih pjeskolova te integriranih uređaja koji prate urbanizaciju i industrijalizaciju se ne koriste u široj upotrebi.



Slika 31: Shema kanalskog tipa pjeskolova (Izvor:[18])

6.4.2. Vrste mastolova

Tipovi mastolova s kojima se može susresti su integrirani U-mastolov te samostalni mastolov s kontinuiranim ili povremenim odvođenjem prikupljene masti.

6.5. Integrirana linija prethodnog pročišćavanja

Ovakva linija prethodnog pročišćavanja objedinjuje korake u mehaničkom predtretmanu prilikom pročišćavanja otpadnih voda. To jest, u jednom se uređaju nalaze gruba rešetka, fina rešetka, aerirani pjeskolov mastolov pa onda kompaktor za otpad s rešetki i uređaj za pranje pijeska.



Slika 32: Integrirani uređaj za prethodno pročišćavanje (Izvor:[5])

6.6. Mjerenje protoka

Zadnji je korak mehaničkog predtretmana otpadne vode na UPOV-ima, mjerenje protoka. Mjerenje protoka služi za kontrolu rada postrojenja te ukazuje na eventualnu potrebu za dodavanjem kemikalija koje bi optimizirale proces pročišćavanja vode u uređaju.

Protok općenito opisuje količinu fluida koja protječe određenim poprečnim presjekom u nekom vremenskom intervalu.

Metoda kojom se protok mjeri bira se na temelju karakteristika otpadne vode i uvjetima postrojenja. Metode koje ćemo mi spomenuti su ona u otvorenim kanalima i u cijevima pod tlakom.

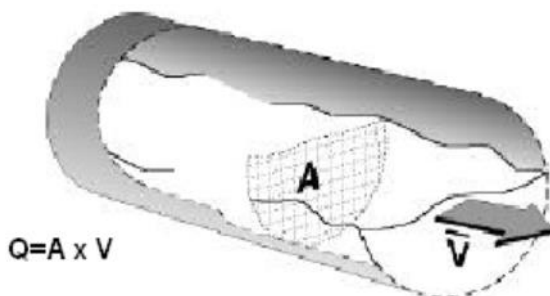
6.6.1. Mjerenje protoka u otvorenim kanalima

Mjerenje protoka u otvorenim kanalima je jednostavno i relativno jeftino za provođenje. Bitno je u situacijama u kojima je potrebno znati volumen vode koja biva tretirana u svrhu kontrole samog procesa i njegove regulacije. Izračun protoka se provodi mjerenjem srednje brzine vode i visine vode u kanalu te korištenjem formule: $Q \left[\frac{m^3}{s} \right] = A [m^2] \times v \left[\frac{m}{s} \right]$, gdje su:

$Q \left[\frac{m^3}{s} \right]$ - protok vode koji želimo izračunati

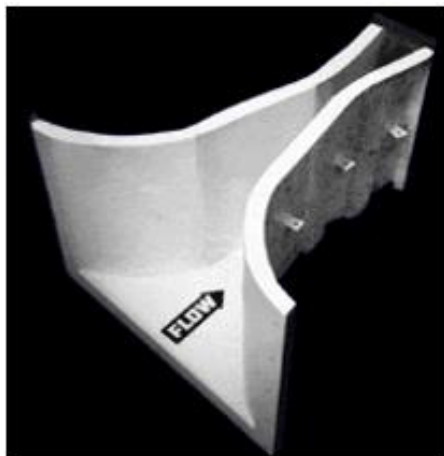
$A [m^2]$ – površina poprečnog presjeka kanala

$v \left[\frac{m}{s} \right]$ – srednja brzina vode u kanalu



Slika 33: Skica otvorenog kanala i veličina (Izvor:[8])

Otvoreni kanali najčešće u svojem presjeku sadrže suženje točno određenih dimenzija, poznato kao Parshallovo suženje. Mjerenjem nivoa vode neposredno prije suženja poznate geometrije, izračunava se protok. Oblik Parshallovog suženja prikazan je na slici 34, a sadrži ulazno suženje, grlo kao najuži dio i izlazni dio u kojem se kanal ponovno počinje širiti. Suženje kanala uzrokuje ubrzanje vode koja njime prolazi i generira protok povoljan za mjerenja.



Slika 34: Parshallov mjerni kanal (Izvor:[5])

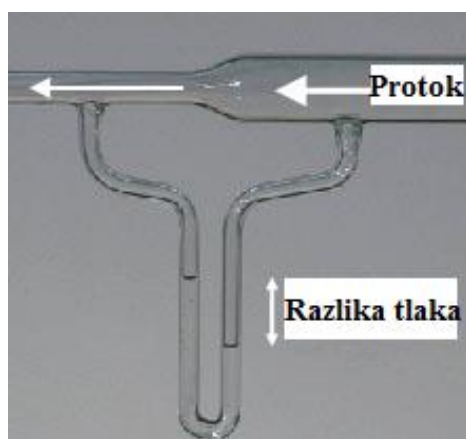
6.6.2. Mjerenje protoka u cijevima pod tlakom

Mjerenje protoka u cijevima pod tlakom obavlja se iz kontrolnih razloga vezanih za distribuciju vode i efikasnost samog procesa pročišćavanja vode.

U cijevima se suženjem povećava brzina tekućine i smanjuje tlak. Razlika u tlaku služi za proračun protoka korištenjem Bernoullijeve jednadžbe:

$$p_1 + \frac{1}{2} \times \rho \times v_1^2 + \rho \times g \times h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \times \rho \times v_2^2 + \rho \times g \times h_2$$

Primjer postepeno sužene cijevi jest Venturijeva cijev . Grlo u njenom presjeku osigurava pad pritiska prolaskom vode , a razlika u tlakovima u užem i širem dijelu cijevi se koristi za izračun protoka.



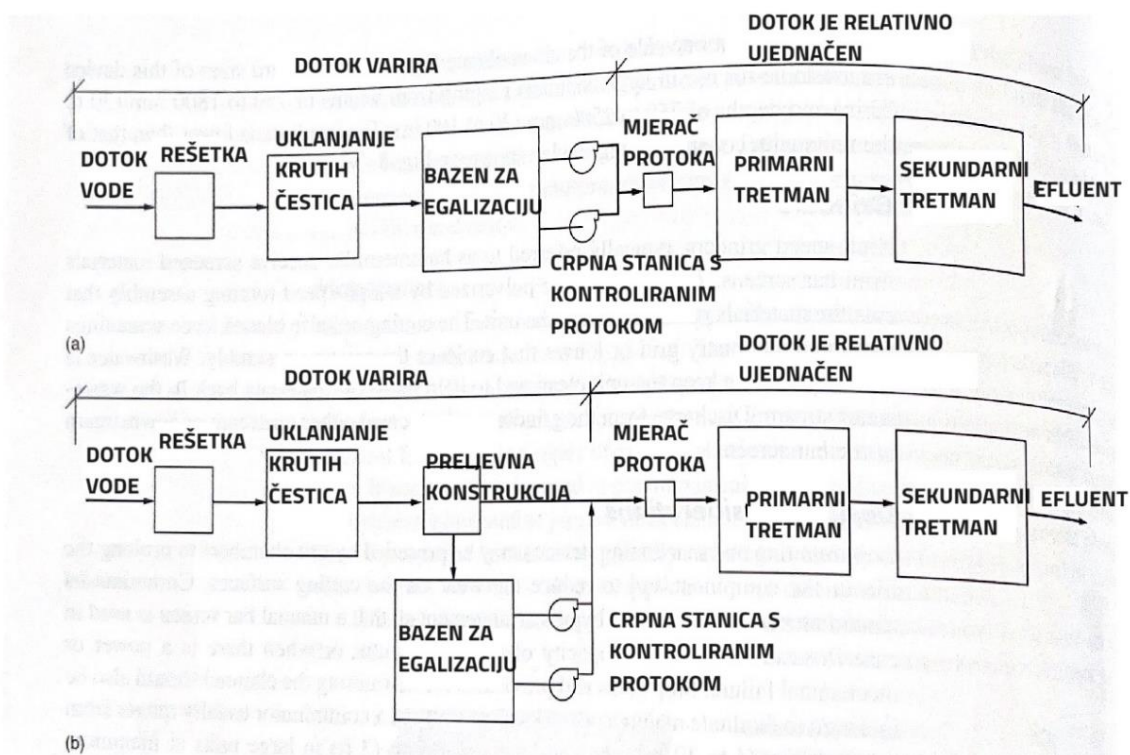
Slika 35: Prikaz pada tlaka u Venturijevoj cijevi (Izvor:[21])

6.7. Ujednačavanje dotoka

Ujednačenje dotoka ili egalizacija se provodi kako ne bi došlo do funkcionalnih problema zbog razlika u hidrauličkom i biološkom teretu. Općenito se izbjegavaju bilo kakva udarna opterećenja.

Ukoliko se dotok ujednači bolji će biti ishod daljnjih nizvodnih procesa, kao npr. biološko pročišćavanje.

Uređaji koji se koriste za ovaj postupak mogu se nalaziti u liniji pročišćavanja ili izvan nje.



Slika 36: a) Uređaj za egalizaciju u liniji pročišćavanja vode b) Uređaj za egalizaciju izvan linije pročišćavanja vode (Izvor:[7])

7. PROCESI KORIŠTENI TIJEKOM TRETMANA OTPADNE VODE NA UPOV-IMA

7.1. Miješanje

Miješanje se kao proces javlja u mnogim jedinicama za rad tijekom cijelog procesa pročišćavanja otpadnih voda. Prisutno je potpuno miješanje jedne supstance s drugom, spajanje dviju tekućina, flokulacija otpadne vode, kontinuirano miješanje tekućih suspenzija i prijenos topline miješanjem. Brzina miješanja bitna je ako je reakcija između tvari koja se miješa u tekućinu ubrzana. Uređaji korišteni za miješanje prikazani su u Tablici 4.

7.1.1. Kontinuirano brzo miješanje

Kontinuirano brzo miješanje označeno je svojim relativno kratkim trajanjem do 30 sekundi, a primjenjuje se za sjedinjavanje kemikalija dodanih u otpadnu vodu te za sjedinjavanje dviju tekućina ili pak prilikom dodatka kemikalija mulju. Kemikalije koje se dodaju u vodu prije procesa taloženja i flokulacije su stipsa i željezne soli, a klor i hipoklorit se dodaju za dezinfekciju.

7.1.2. Kontinuirano neprekidno miješanje

Kontinuirano neprekidno miješanje se upotrebljava u spremnicima, rezervoarima ili bazenima u kojima sadržaj mora ostati u suspenziji, kao na primjer, u bazenima za ujednačavanje, prilikom flokulacijskog procesa, u biološkim procesima te u aeriranim spremnicima te aerobnim digestorima.

7.2. Flokulacija

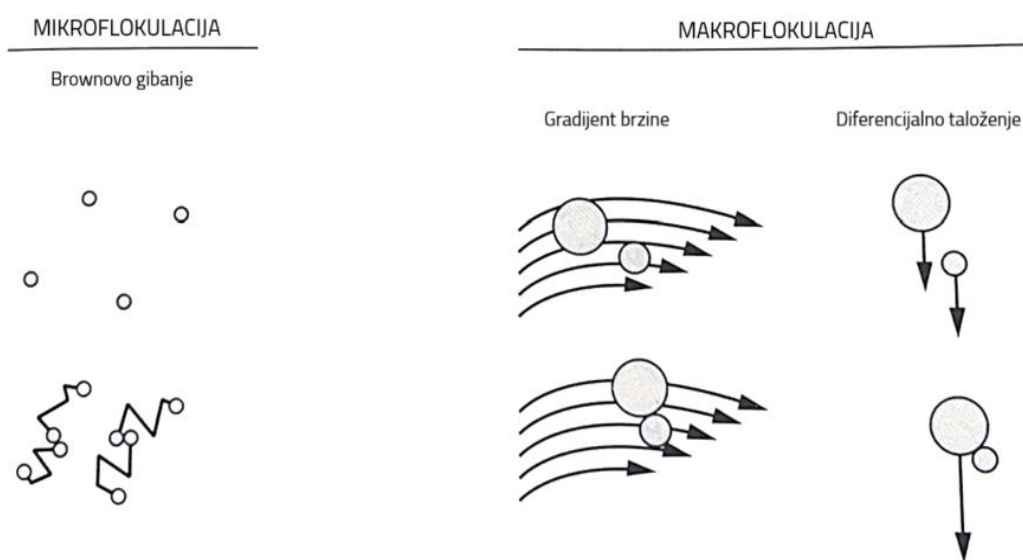
Flokulacija je proces prilikom kojeg se stvaraju veće nakupine ili flokule od destabiliziranih i odvojenih čestica kako bi se mogle lakše ukloniti filtracijom ili taloženjem. Koristi se prilikom tretmana vode s industrijskim otpadom, za povećanje uklanjanja suspendiranih tvari i BPK-a u primarnom taloženju, za bolju učinkovitost sekundarnog taloženja ili prethodi filtraciji sekundarnog efluenta. Najčešće prati miješanje prilikom kojeg su dodane kemikalije za destabiliziranje čestica, a flokulacija se provodi u posebnim spremnicima ili rezervoarima te cijevima. Uređaji za flokulaciju popisani su u Tablici 4.

7.2.1. Mikroflokulacija

Mikroflokulacija se provodi za udruživanje čestica veličine od 0,001 do 1 μm tijekom nasumičnog gibanja fluida, znano kao Brownovo gibanje.

7.2.2. Makroflokulacija

Makroflokulacija se primjenjuje za čestica veće od 1- 2 μm , a može se postići izazvanim gradijentom brzine te diferencijalnim taloženjem. Prilikom makroflokulacije izazvane gradijentom brzine, brže čestice nalijeću na one sporije i na taj ih način preuzimaju i tvore flokule. Diferencijalnim taloženjem veće se čestice spajaju s manjim uslijed djelovanja gravitacije.



Slika 37: Shematski prikaz gibanja čestica prilikom mikro- i makroflokulacije (Izvor:[7])

Tablica 4: Uređaji za miješanje i flokulaciju te uobičajeno vrijeme miješanja (Izvor:[7])

UREĐAJ ZA MIJEŠANJE	UOBIČAJENO VRIJEME MIJEŠANJA [s]	UPOTREBA
Statički mikser u pravcu	<1	Za dodane kemikalije koje zahtijevaju trenutačno miješanje, stipsa, željezne soli, klor
Mikser u pravcu	<1	Za dodane kemikalije koje zahtijevaju trenutačno miješanje, stipsa, željezne soli, klor
Indukcijski mikser s velikom brzinom	<1	Za dodane kemikalije koje zahtijevaju trenutačno miješanje, stipsa, željezne soli, klor
Mlaznice s vodom pod pritiskom	<1	U sklopu tretmana otpadne vode i kod ponovnog korištenja tretirane vode
Mikseri s turbinom i propelerom	2-20	U reaktorima s povratnim miješanjem za miješanje stipsa. Stvarno vrijeme ovisi o konfiguraciji posude u kojoj se miješanje izvodi. Za miješanje kemikalija u spremnicima za otopine
Pumpe	<1	Kemikalije koje se trebaju izmiješati uvode se u usisni otvor pumpe
Ostali hidraulički uređaji za miješanje	1-10	Hidraulične pumpe, preljevi, Parshallovi kanali
UREĐAJI ZA FLOKULACIJU		
Statički mikseri	600-1800	Za flokulaciju koaguliranih koloidnih čestica
Mikseri s lopaticom	600-1800	Za flokulaciju koaguliranih koloidnih čestica
Mikseri s turbinom	600-1800	Za flokulaciju koaguliranih koloidnih čestica
KONTINUIRANO MIJEŠANJE		
Mehanički aerator	Neprekidno	Za osiguranje kisika i održavanje suspendiranih tvari u mulju tijekom proces biološke obrade sa suspendiranim rastom
Pneumatsko miješanje	Neprekidno	Za osiguranje kisika i održavanje suspendiranih tvari u mulju tijekom proces biološke obrade sa suspendiranim rastom

7.3. Gravitacijska separacija

Gravitacijsko odvajanje je najrašireniji proces u cijelom tretmanu otpadnih voda koji se koristi za uklanjanje suspendiranih i koloidnih čestica iz vode za osiguranje pročišćenog efluenta.

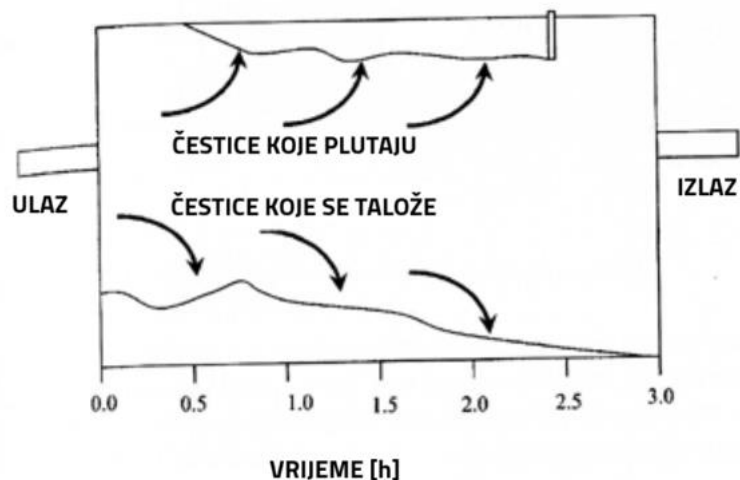
7.3.1. Taloženje

Tijekom ovakve gravitacijske separacije, čestice koje su teže od vode tonu na dno i talože se. Ovakav se proces koristi za taloženje pijeska i šljunka u pjeskolovima, za uklanjanje bioloških flokula nakon flokulacije u taložnom bazenu s aktivnim muljem te tijekom kemijske koagulacije

čestica. Razlikuju se četiri vrste gravitacijskog taloženja: Talozenje diskretnih čestica, talozenje flokula, otežano te kompresijsko talozenje.

7.3.2. Plutanje

Plutanje je tip gravitacijske separacije tokom kojeg se eliminiraju čestice u suspenziji koje su lakše od vode i koje se uzdižu na površinu pomoću zraka ili nekog drugog plina, koristi se u aeriranim pjskolovima mastolovima.



Slika 38: Shematski prikaz plutanja i taloženja uslijed djelovanja gravitacije (Izvor: [20])

8. OTPAD KOJI NASTAJE PRILIKOM MEHANIČKOG PREDTRETMANA NA UPOV-IMA

8.1. Količina otpada i njegove karakteristike

Otpad se zaustavlja na rešetkama u procesu pročišćenja vode, što je manji otvor rešetke, otpada će biti više. Količina otpada ovisi o tome gdje se on u cijelom UPOV-u skuplja te kojim dijelom uređaja. Osim toga, uvelike ovisi i o karakteristikama otpadne vode te i javnom sustavu odvodnje.

8.2. Načini zbrinjavanja otpada

Otpad koji se odvoji iz otpadne vode, razdvoji i transportira to odlagališta, na istom se može zbrinuti na nekoliko načina.

Odlaganje zajedno s komunalnim otpadom je najkorištenija metoda. Zanimljivo je da se ovakav otpad na jednoj gomili prska vapnom kako bi se suzbili patogeni organizmi.

Ako se radi o manjim postrojenjima, koji daju i manje odvojenog otpada, on se može zakopati.

Spaljivanje otpada samog ili zajedno s pijeskom i muljem metoda je koja se koristi ukoliko takvog otpada ima količinski puno, tj. ako su postrojenja veća.

Zadnja metoda koja se koristi je koja za sobom povlači pitanja o svojoj efikasnosti je mljevenje otpada te vraćanje u otpadnu vodu.

8.3. Otpad koji se skuplja na grubim i finim rešetkama te njegovo procesiranje

Grube rešetke izdvajaju veće krutine kao što su grane i dijelovi drvene građe, kamenje, korijenje, lišće, plastika, ali u današnje vrijeme i sve ono što ljudi ne znaju kako zbrinuti pa se nađe u sustavima odvodnje. Količina otpada ovisi o tipu rešetke i veličini njenih otvora te o tipu kanalizacijskog sustava te geografskom položaju,. Općenito, veća se količina otpada može izdvojiti ako se radi o mješovitom kanalizacijskom sustavu u usporedbi s razdjelnim.

Fine rešetke iz otpadne vode odvajaju otpad koji se zaustavlja na otvorima do 6 mm veličine kao što su manji plastični komadi, papir, nerazgrađeni otpad od pripremanja hrane, šljunak feces i masti.

Ako se radi o mehanički čišćenim rešetkama, otpad koji se na njima skupi direktno se transportira u preše ili pneumatski izbacivač, hidraulički kompaktor, direktno u kontejner ili na transportnu traku koja ga vodi do lijevka za sakupljanje. Transportna traka za otpad je vrlo jednostavna i

jeftina te zahtijeva mali obim održavanja, međutim najčešće se pokriva kako se ne bi širili neugodni mirisi otpada koji se njome transportira.



Slika 39: Pneumatski izbacivač (Izvor:[16])

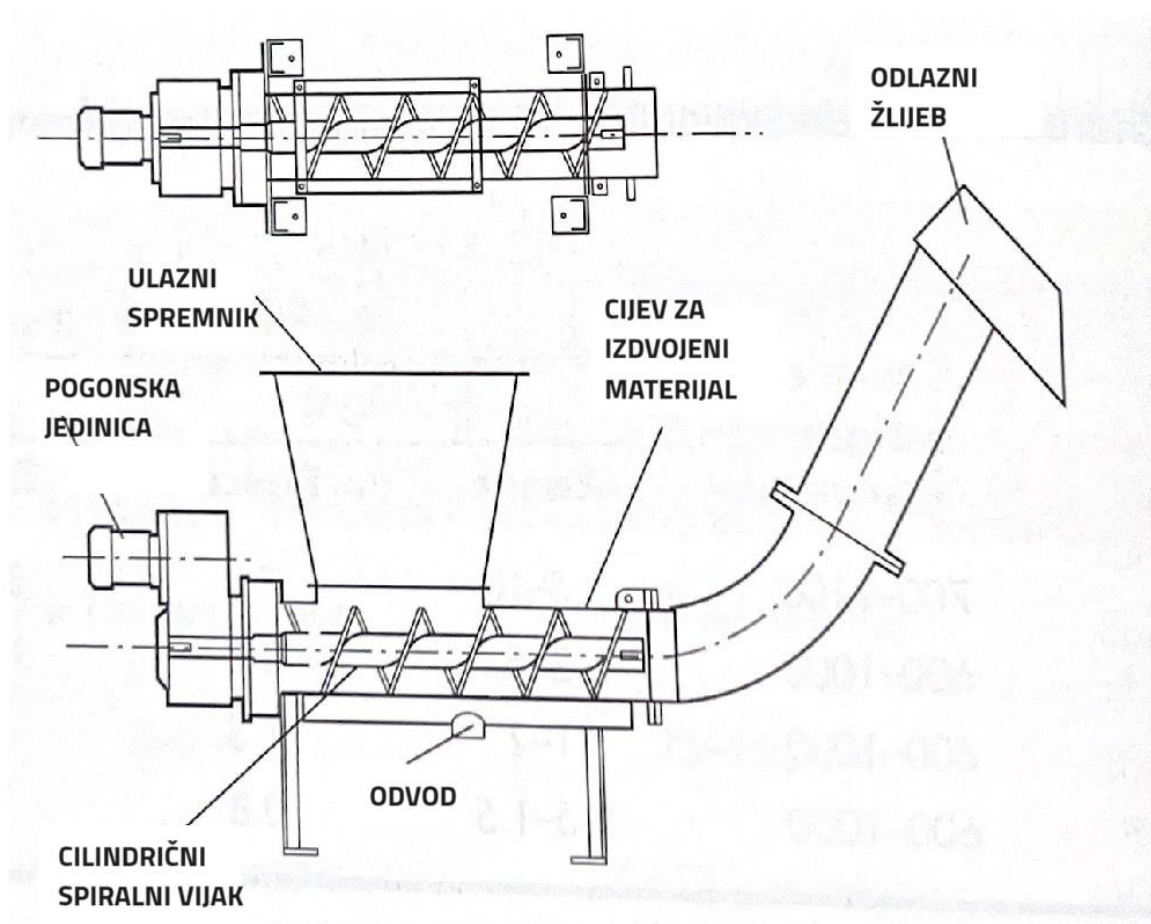


Slika 40: Transportna traka (Izvor:[17])

Hidrauličke preše služe za smanjenje količine vode ili za smanjenje volumena otpada, u mogućnosti su smanjiti volumen n otpada za do 75%. Preuzimaju otpad skupljen na rešetkama direktno s njim i transportiraju ga nakon kompresije do odgovarajućih lijevaka za otpad.



Slika 41: Preša za materijal skinut s rešetki (Izvor:[5])



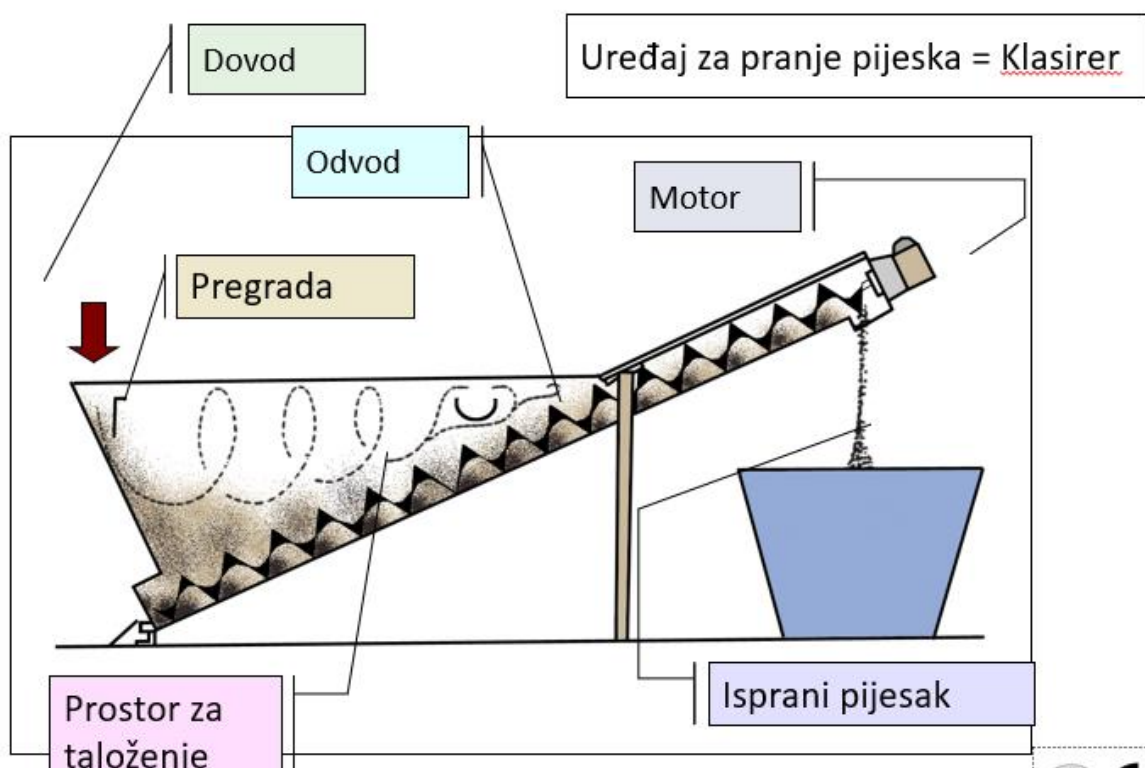
Slika 42: Hidraulička preša (Izvor:[7])

8.4. Otpad koji se skuplja u pjeskolovu-mastolovu

Materijal koji se pjeskolovom – mastolovom odvaja iz otpadne vode smatra se uglavnom inertnim i suhim. Sadržava uglavnom pijesak, šljunak, pepeo pa i školjke i sjemenje. Naravno, količina takvog materijala ovisi o mnogim parametrima u koje se, osim već prije navedenih, ubrajaju i učestalost posipavanja pijeska po prometnicama i tip zemlje.

Pošto se u pjeskolovu-mastolovu uz pijesak može nalaziti i više od 50% organskog materijala, koji ako bude odlagan, uzrokuje neugodne mirise i pojavu glodavaca. Pranje sakupljenog materijala se odvija na instalacija s grabljom ili nazubljenim propelerom pod kutom kako bi se vodni tok uznemirio i odvojio dvije komponente.

Otpad se odlaže na odlagalištima otpada uz poštivanje ekoloških smjernica, spaljuje se s krutinama ili prelijeva vapnom.



Slika 43: Skica pranja pijeska (Izvor:[5])



Slika 44: KOANDA uređaj za pranje pijeska H.Huber (Izvor:[5])



Slika 45: Uređaj za pranje pijeska SCHREIBER (Izvor:[5])

9. ZAKLJUČAK

Nakon obrade teme Mehanički predtretman na UPOV-ima mogu biti doneseni mnogi zaključci. Kako se svakim danom povećava populacija i nemar pojedinaca te dolazi do urbanizacije i industrijalizacije, nužno je obratiti pažnju kakav to utjecaj ima na vodu.

Izgradnja UPOV-a i pročišćavanje vode prije nego je ispuštena u prirodni vodotok, općenito utječe na očuvanje okoliša, tj. cijelog ekosustava. Isto tako, takve radnje prilikom kojih se eliminiraju patogeni organizmi i kemikalije, pozitivno utječu i na zdravlje populacije. Dobro je poznato da je voda jedan od najvažnijih resursa za ljude, biljke i životinje pa se usredotočuje na njezino ponovno iskorištavanje, npr. za navodnjavanje. Mehanički predtretman kao središnja preokupacija ovoga rada može se opisati kao nužan predkorak u pročišćavanju otpadnih voda. Prilikom mehaničkog predtretmana odvajaju se velike i male krutine, pijesak, krhotine razne čestice te masti i ulja, u suštini sve ono što se može začepiti ili oštetiti opremu u daljnjem tretmanu.

Mehaničkim se odvajanjem poboljšava i efikasnost uređaja te se smanjuju i troškovi održavanja. Tijekom predtretmana koriste se rešetke, ekiminacija mulja te taloženje koje iziskuju manje energije nego ostale radnje tijekom pročišćavanja voda. Stoga je mehanički predtretman ključan i ekonomičan dio svakog UPOV-a, a utječe na povećanje učinkovitosti cijelog rada i vijek trajanja UPOV-a kao funkcionalne građevine. Naravno, mehanički predtretman mora biti usklađen s ostalim koracima tijekom pročišćavanja otpadne vode za postizanje željenog rezultata.

POPIS LITERATURE

- [1] Presentacija „Odvodnja 2“, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
<https://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/ODVODNJA%201.pdf>
- [2] 2008 Mogens Henze, *Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design*, Edited by M. Henze, M.C.M. van Loosdrecht, G.A. Ekama and D. Brdjanovic, Published by IWA Publishing, London, UK
- [3] Varaždinske vijesti, Trakošćansko jezero će “presušiti”: Sljedeće godine čistit će se od mulja
<https://www.varazdinske-vijesti.hr/aktualno/trakoscansko-jezero-ce-presusiti-sljedece-godine-cistit-ce-se-od-mulja-32164>
- [4] Tedeschi S., Malus D., Vouk D., Pavić A.: *Pročišćavanje otpadnih voda Grada Zagreba*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb, 2016.
- [5] Predavanje „Mehanički predtretman“, Modul 6, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [6] Norsen, Inovative Separation, Water Sludge Solutions, Rotary Drum Screen
https://www.iseparation.com/products/rotary_drum_screen.html
- [7] *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, Fourth Edition, Metcalf & Eddy, Inc., Revised by: Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D., Published by McGraw-Hill, New York, 2003, 1991, 1979, 1972
- [8] Vanis Application Software, Mjerenje protoka vode u sustavima odvodnje, mr.sc. Vladimir Škoro, dipl.ing.
<https://www.vanis.hr/SCADA/Teorija-mjerenja-protoka-u-odvodnji.htm>
- [9] Hrvatska enciklopedija, Eutrofikacija
<https://www.enciklopedija.hr/clanak/eutrofikacija>
- [10] Taga, Chain driven bar screen
<https://taga.gal/en/product/chain-driven-bar-screen/>
- [11] JWC Environmental, A sulze brand, New bar screen monster utilizes technology to capture more debris
<https://www.jwce.com/2011/09/23/new-bar-screen-monster-utilizes-exclusive-technology-to-capture-more-debris/>
- [12] E&I Corporation, Catenary bar screen, PDF
http://www.eandicorp.com/pdf/E&I_Catenary_Bar_Screen.pdf

-
- [13] Passavant Geiger, Noggerath continuous belt screen BS
<https://www.passavant-geiger.com/en/product/noggerath-continuous-belt-screen-bs>
- [14] Huber technology wate water solutions, Huber Rotary drum fine screen ROMAT
<https://www.huber-se.com/products/detail/huber-rotary-drum-fine-screen-rotamat-ro2/>
- [15] Holly global wastewater treatment solution provider, Step screen
<https://www.hollyep.com/step-screen-product/>
- [16] Sodimate blog, pneumatic conveying system, pneumatic conveyors types and uses
<https://sodimate.com/types-and-advantages-of-pneumatic-conveyors/>
- [17] Bluetech, Conveyors for waste water treatment plants
<https://www.bluetech.eu/conveyors-for-waste-water-treatment-plants>
- [18] Hoffman Lamson, Aerated grit chambers in wastewater
<https://www.hoffmanandlamson.com/en-us/industries/water-and-wastewater-treatment/aerated-grit-chamber>
- [19] Water education, Lesson 13: Racks, screens, comminutors and grit removal
https://water.mecc.edu/courses/ENV110/Lesson13_print.htm
- [20] Water education, Lesson 3: Sedimentation and flotation
<https://water.mecc.edu/courses/ENV195WWI/lesson3b.htm>
- [21] Wikimedia, Venturijeva cijev
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/3/34/Venturijeva_cijev.png

POPIS SLIKA

Slika 1: Mješoviti sustav odvodnje (Izvor: [1])	5
Slika 2: Razdjelni sustav odvodnje (Izvor: [1])	5
Slika 3: Primjer eutrofikacije, Trakošćansko jezero (Izvor:[3])	8
Slika 4: Uljev glavnog otpadnog kanala u rijeku Savu (Izvor:[4])	11
Slika 5: Shema projekta UPOV-a (Izvor:[4])	12
Slika 6: CUPOVZ iz zraka (Izvor:[4])	13
Slika 7: Glavni dijelovi UPOV-a na primjeru CUPOVZ-a iz zraka (Izvor:[4]).....	15
Slika 8: Gruba rešetka (Izvor:[5])	17
Slika 9:Fina rešetka (Izvor:[5]).....	17
Slika 10: Podjela rešetki (Izvor:[7])	17
Slika 11: Shema mehaničke rešetke s lančanim pogonom (Izvor:[7])	19
Slika 12: Mehanička rešetka s lančanim pogonom (Izvor:[10])	27
Slika 13: Shema mehaničke rešetke s klipnom grabljom (Izvor:[7]).....	21
Slika 14: Mehanička rešetka s klipnom grabljom (Izvor: [11]).....	21
Slika 15: Shema mehaničke rešetke sa sustavom lanca (Izvor:[7])	22
Slika 16: Mehanička rešetka sa sustavom lanca (Izvor:[12])	22
Slika 17: Shema mehaničke rešetke s kontinuiranom trakom (Izvor:[7]).....	23
Slika 18: Mehanička rešetka s kontinuiranom trakom (Izvor:[13])	23
Slika 19: Nepomična žičana rešetka (Izvor:[7]).....	25
Slika 20: Shema mehaničke bubanjske rešetke (Izvor:[6])	25
Slika 21: Bubanjska rešetka (Izvor: [14])	26
Slika 22: Shema stepenaste rešetke (Izvor: [5]).....	26
Slika 23: Stepensata rešetka (Izvor: [15])	27
Slika 24: Presjek ulazne crpne stanice s grubom rešetkom (Izvor:[4])	28
Slika 25: Usitnjivač sa suprotno rotirajućim oštricama (Izvor: [7]).....	29
Slika 26: Usitnjivač s usmjeravajućim ekranom (Izvor:[7])	38
Slika 27: Pjeskolov-masolov u praksi (Izvor:[5]).....	31
Slika 28: Shema aeriranog pjeskolova mastolova (Izvor:[5])	32
Slika 29: Spiralno strujanje u aeriranom pjeskolovu-mastolovi (Izvor:[7]).....	33
Slika 30: Shema vrtložnog pjeskolova (Izvor:[5])	34
Slika 31: Shema kanalskog tipa pjeskolova (Izvor:[18])	34
Slika 32: Integrirani uređaj za prethodno pročišćavanje (Izvor:[5])	35
Slika 33: Skica otvorenog kanala i veličina (Izvor:[8])	36
Slika 34: Parshallov mjerni kanal (Izvor:[5]).....	37
Slika 35: Prikaz pada tlaka u Venturijevoj cijevi (Izvor:[21]).....	37
Slika 36: a) Uređaj za egalizaciju u liniji pročišćavanja vode b) Uređaj za egalizaciju izvan linije pročišćavanja vode (Izvor:[7]).....	38
Slika 37: Shematski prikaz gibanja čestica prilikom mikro- i makroflokulacije (Izvor:[7]).....	40

Slika 38: Shematski prikaz plutanja i taloženja uslijed djelovanja gravitacije (Izvor: [20]).....	42
Slika 39: Pneumatski izbacivač (Izvor:[16])	44
Slika 40: Transportna traka (Izvor:[17])	44
Slika 41: Preša za materijal skinut s rešetki (Izvor:[5])	45
Slika 42: Hidraulička preša (Izvor:[7])	45
Slika 43: Skica pranja pijeska (Izvor:[5]).....	46
Slika 44: KOANDA uređaj za pranje pijeska H.Huber (Izvor:[5])	47
Slika 45: Uređaj za pranje pijeska SCHREIBER (Izvor:[5]).....	47

POPIS TABLICA

Tablica 1: Tipovi otpadne vode (Izvor: [2])	6
Tablica 2: Prikaz koncentracija mikroorganizama na 100ml u otpadnoj vodi (Izvor:[2])	8
Tablica 3: Prednosti i mane različitih mehanizama lančanog pogona.....	20
Tablica 4: Uređaji za miješanje i flokulaciju te uobičajeno vrijeme miješanja (Izvor:[7])	41