

# Decentralizirani sustavi odvodnje

---

Haskić, Đani Džemal

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:451231>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
Sveučilišni preddiplomski studij politehnike

Završni rad  
DECENTRALIZIRANI SUSTAVI ODVODNJE

Rijeka, rujan 2019.

Đani Dž. Haskić

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
Sveučilišni preddiplomski studij politehnike

Završni rad  
DECENTRALIZIRANI SUSTAVI ODVODNJE  
Mentor: Prof. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger, dipl. ing.

Rijeka, rujan 2019.

Đani Dž. Haskić

SVEUČILIŠTE U RIJECI

STUDIJ POLITEHNIKE

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Sveučilište u Rijeci	
Odsjek za politehniku	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. Broj:	

### ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Đani Dž. Haskić

Mat.broj:

Naslov: Decentralizirani sustavi odvodnje

Opis zadatka: Analizirati koncept decentraliziranih sustava odvodnje i njihove prednosti u odnosu na centralizirane sustave s gledišta resursne učinkovitosti, uz prikaz rada nekog takvog postojećeg uređaja/sustava.

Zadatak zadao: Lidija Runko Luttenberger

Rok predaje rada:

Predsjednik povjerenstva:

Doc.dr.sc. Damir Purković

Sveučilište u Rijeci  
STUDIJ POLITEHNIKE  
**Povjerenstvo za završne i diplomske radove**

U Rijeci, 15. travnja 2019. godine

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

**Pristupnik:** Đani Džemal Haskić

**Naziv zadatka:** Decentralizirani sustavi odvodnje

**Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:**

Analizirati koncept decentraliziranih sustava odvodnje i njihove prednosti u odnosu na centralizirane sustave s gledišta resursne učinkovitosti, uz prikaz rada nekog takvog postojećeg uređaja/sustava.

U završnom se radu obavezno treba pridržavati **Uputa o izradi završnog rada.**

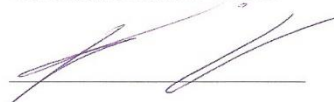
Zadatak uručen pristupniku: 15. travnja 2019.

Rok predaje završnog rada: 17. lipnja 2019.

Datum predaje završnog rada:

**Koordinator povjerenstva:**

Doc. dr. sc. Damir Purković



**Mentorica:**

Doc. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger



**SADRŽAJ**

1. UVOD .....	8
2. POVIJESNI RAZVOJ TEHNOLOGIJA SUSTAVA ZA ODVODNJU .....	9
2.1. Zbrinjavanje otpadnih voda u Antičkome svijetu.....	9
2.2 Zbrinjavanje otpadnih voda u srednjem vijeku .....	10
3. OTPADNE VODE.....	12
3.1. Crna voda .....	13
3.2. Siva voda .....	13
3.3. Žuta voda.....	13
3.4. Komunalne otpadne vode.....	14
3.5. Industrijska otpadna voda.....	14
4. ŠTETNI UTJECAJ OTPADNIH VODA .....	15
5. CENTRALIZIRANI SUSTAVI ODVODNJE .....	17
5.1. Stadiji obrade otpadnih voda .....	17
5.2. Obrada industrijskih otpadnih voda.....	20
5.2.1. Hrana i piće.....	21
5.2.2. Onečišćenje primarnim metalima .....	22
5.2.3. Rudarstvo i prerada minerala.....	22
5.2.4. Nafta i plin uzvodno .....	22
5.2.5. Automobilska industrija .....	23
6. DECENTRALIZIRANI SUSTAVI ODVODNJE .....	24
6.1. Primjer projekta: Decentralizirani sustav obrade otpadne vode u Hapintonu, Massachusetts.....	27
6.2. Ekološka prednost decentraliziranih sustava odvodnje .....	28
6.3. Odabir pravilnog septičkog sustava.....	29
6.4. Napredni sustavi za pročišćavanje .....	31

---

7. USPOREDBA CENTRALIZIRANIH I DECENTRALIZIRANIH SUSTAVA ODVODNJE .....	32
7.1. Kombiniranje centraliziranih i decentraliziranih sustava odvodnje .....	33
7.2. Stanje u Republici Hrvatskoj.....	34
8. ZAKLJUČAK.....	35
9. LITERATURA .....	36

## POPIS SLIKA

Slika 1. Toaleti s vodenim ispiranjem [2].....	10
Slika 2. Kanalizacijske otpadne vode [4].....	12
Slika 3. Ispust otpadnih voda u more [8].....	16
Slika 4. Prikaz procesa obrade otpadnih voda [11].....	20
Slika 5. Prikaz rada septičkih spremnika [15].....	24
Slika 6. Proces biološke degradacije [15].....	26
Slika 7. Gradnja podzemnog ispusta [17].....	28



## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Klasifikacija otpadnih voda prema vrsti onečišćenja [13]. .....	21
Tablica 2. Usporedba troškova centraliziranog i decentraliziranih sustava za zamišljeno ruralno naselje prema podacima EPA [18]. .....	33

## **SAŽETAK**

Za razliku od centraliziranih sustava odvodnje, decentralizirani sustavi su se pokazali puno prihvatljivijima za okoliš. Glavna zadaća decentraliziranih sustava odvodnje je obrada i zbrinjavanje ili ponovno korištenje otpadnih voda koje se mogu obrađivati neposredno na mjestu prikupljanja, uz kraći prijenos. U suprotnom treba izabrati što bližu lokaciju izgradnje sustava koja je van gradskih središta kako troškovi izrade cjevovoda ne bi bili preveliki budući da se u suštini njima samo prenosi otpad s jednoga mjesta na drugo. Na taj način decentralizirani sustavi odvodnje direktno utječu na smanjenje korištenja centraliziranih sustava. Ukoliko se želi očuvati prirodu i vodu kao resurs treba težiti izgradnji manjih decentraliziranih sustava odvodnje na svim mjestima gdje je njihova implementacija moguća.

Ključne riječi: centralizirani sustavi, decentralizirani sustavi, okoliš, odvodnja, obrada otpadne vode

## **Decentralized wastewater systems**

### **SUMMARY**

In contrast to centralized sewage system, decentralized systems have proven to be much more environmentally friendly. The main task of decentralized sewage systems is processing and disposal or reuse of waste water that can be treated at the point of collection, with shorter transfer distance. Otherwise, it is necessary to select the closest possible location of construction of the system outside city centers in order that the, costs of pipeline construction not get excessive, since in essence they only transfer waste from one place to another. In this way, decentralized systems directly reduce the use of centralized sewage systems. Therefore, if nature and water are to be conserved as a resource, small decentralized sewage systems should be installed in all places where their implementation is possible.

Keywords: centralized sewage system, decentralized sewage systems, environment, wastewater treatment, disposal

# 1. UVOD

Premda je 70% Zemlje prekriveno vodom, voda se smatra dragocjenim resursom budući da je samo mali dio toga svježa voda, a još manji dio nje siguran za piće. Stoga je važno očuvati vodu kao resurs, jer bez nje život na Zemlji ne bi bio moguć.

Od samih početaka civilizacije javlja se problem postupanja s otpadnim vodama. Napretkom civilizacija razvijali su se i različite tehnologije za obradu otpadnih voda. Još su rani Grci razumjeli da su kvaliteta vode i općeg javnog zdravlja povezani. To su znanje naslijedili Rimljani koji su imali najrazvijeniji sustav gospodarenja otpadom u odnosu na sve civilizacije prije devetnaestoga stoljeća.

Ukoliko se otpadna voda ispušta u prirodu bez adekvatne obrade, javljaju se onečišćenja vodenih resursa, ugrožavanje biljnog i životinjskoga svijeta kao i širenje bolesti i zaraza. Otpadne vode se odnose na sve otpadne vode iz domaćinstava, trgovačkih objekata i ustanova, bolnica, industrije i sl. Ona također uključuje i kišnicu kao i gradski otpad, poljoprivredni, hortikulturni i akvakulturni.

Centralizirani sustavi odvodnje prikupljaju otpadnu vodu na jedno koncentrirano mjesto gdje se ona obrađuje. Kod takvih sustava javljaju se troškovi postavljanja sustava cijevi, a posebice je to slučaj kod nepristupačnih terena. Ekološki problem takvih sustava je centralizirano onečišćenje na mjestu ispusta. Nadalje dolazi do rasipanja vodenih resursa budući da se ona otpušta na udaljenim lokacijama od mjesta njenog nastajanja.

Decentralizirana obrada otpadnih voda podrazumijeva svu opremu za tretman na licu mjesta. Budući decentralizirani sustavi obrade otpadne vode vraćaju istu u blizini mjesta njenog nastajanja, takvi sustavi pružaju izvrsnu obradu otpadne vode i pomažu očuvanju osjetljive ekološke ravnoteže.

U nastavku rada je objašnjen princip djelovanja centraliziranih i decentraliziranih sustava odvodnje. Iskazane su prednosti i nedostaci pojedinih sustava, kao i troškovi održavanja svakoga od njih, a opisuje se i mogućnost kombiniranja dvaju sustava za postizanje optimalne obrade otpadnih voda.

## **2. POVIJESNI RAZVOJ TEHNOLOGIJA SUSTAVA ZA ODVODNJU**

Kako su se društva mijenjala iz nomadskih kultura i počela trajno naseljavati područja, počeo se javljati problem zbrinjavanja krutog otpada ali i otpadnih voda. To pitanje tijekom povijesti se rješavalo na različite načine. Dok su ljudi živjeli u nomadskim skupinama kao lovci, prirodna razgradnja se rješavala otpadom. Međutim kako su se razvijali gradovi bili su potrebni drugi mehanizmi rješavanja problema otpada. Važno je shvatiti kako su donedavno sanitarne vode bile usmjerene jedino na smanjenje zdravstvenih rizika, prvenstveno infektivnih bolesti. U novije vrijeme opseg pitanja upravljanja otpadnim vodama je proširen i na kronične zdravstvene rizike, ali u porastu je i svijest o značaju okoliša [1].

### **2.1. Zbrinjavanje otpadnih voda u Antičkome svijetu**

Za vrijeme neolitika (10 000 pr.n.e.) kretanje nomadskih plemena riješilo je problem zbrinjavanje otpada nastalog ljudskom aktivnosti. Upravo ta kretanja omogućila su prirodno zbrinjavanje otpada. Antički svijet je razvio različite tehnike zbrinjavanja otpada od kojih su neke bile učinkovitije od drugih. Najbolji primjer su gradovi Inda (današnji Pakistan) iz razdoblja 2500 do 1500 pr.n.e. Neke su kuće imale kupaonice s vodenim ispiranjem toaleta. Imali su dobro osmišljen sustav odvodnje, kao i kontejnere koji su bili smješteni po gradu u koje se mogao odlagati otpad. To je bio veliki napredak u odlaganju otpada.

Mediterranske kulture su također razvijale tehnologije za odlaganje otpada. Valja spomenuti Mikensku kulturu na otoku Kreti koja imala razvijeno upravljanje otpadom a, postojala između 1500-1700 pr.n.e. Posjedovali su razvijen sustav cjevovoda i kanalizacije, te posebno uređena mjesta za odlaganje organskog otpada. Knossos kao glavni grad imao je ograđene vrtove s kupkama koje su se punile i praznile pomoću ciglenih cijevi. Sustav cjevovoda je bio sličan današnjem. Imali su toalete s ispiranjem, drvenim sjedalicama i rezervoarima s vodom za ispiranje kao što je prikazano na Slici 1. Iskapanja su otkrila četiri odvojena sustava odvodnje koji su se izlivali u velike kanalizacijske sustave izgrađene od kamena. Mikenska kultura bila je zadnja koja se koristila tehnologijom toaleta s ispiranjem do ponovnog razvitka te tehnologije 1596. godine.



Slika 1. Toaleti s vodenim ispiranjem [2].

Prva odlagališta otpada su razvili Grci (Atena) 500 pr.n.e. Oni su donijeli prvi poznati zakon 320 pr.n.e., koji zabranjuje odlaganje otpada na ulice [2]. Daljnjim razvojem propisa o zbrinjavanju otpada to je postala odgovornost gradske uprave a troškove zbrinjavanja i održavanja otpada snosio je zemljoposjednik. Ovakav sustav je bio dovoljno uređen da traje osam stotina godina sve do sloma građanskog reda. Rani Grci su razumjeli da su kvaliteta vode i općeg javnog zdravlja povezani, a to je znanje prešlo Rimljanima. Oni su po pitanju zbrinjavanja otpada bili razvijeniji od ijedne civilizacije prije devetnaestoga stoljeća. Zapravo, Rimski sustav gospodarenja otpadom bio je bolji od onih srednjovjekovnih. Dokazi tehnološke naprednosti Rimske civilizacije vide se u njihovim zgradama, cestama i akvaduktima koji i danas prkose vremenu. Svjesnost brige za kvalitetom vode najbolje su ilustrirali akvaduktima od kojih su neki još uvijek u uporabi. Razvili su ih kako bi mogli dovoditi vodu u svoje gradove. Takva voda je korištena za kupke, fontane, javne potrebe i za ispiranje kanalizacije [2].

## 2.2 Zbrinjavanje otpadnih voda u srednjem vijeku

Pad Rimskog carstva na zapadu pretvorio je urbana društva u ruralna. Diljem Europe prestalo je opskrbljivanje slavina pitkom vodom što je potrajalo gotovo tisuću godina. Sanitarne tehnologije zapale su u mračno doba. Došlo je do masovne depopulacije gradova ponajviše Rima. To je utjecalo na tretman otpada na taj način da je ponovno došlo do tradicionalnih

metoda zbrinjavanja otpada što uključuje i bacanje otpada na ulicu [1]. Higijenski uvjeti spustili su se ispod rimskih standarda, a to se odrazilo na svim razinama društva.

Takav gubitak znanja i higijenske prakse za sobom vuče mnoštvo problema. Tijekom srednjega vijeka, praksa odvajanja pitke vode i ljudskih otpada u velikoj mjeri je bila napuštena, takav otpad je lako mogao procuriti iz obližnjih odlagališta do bunara i ostalih izvora pitke vode. To je rezultiralo time da su se unutar gradova počele širit epidemije, ali odnos između otpada i bolesti nije bio prepoznat. U srednjem vijeku ljudi su jednostavno svoj otpad bacali kroz prozore na ulicu koje su rijetko bile popločene već su uglavnom bile prekrivene blatom koje je kišnicom prenosilo razne bolesti do obližnjih bunara. Na taj način su navike ruralnog života, koje su na poljoprivrednom imanju uglavnom bezopasne u gradskim sredinama predstavljale veliku opasnost rastućim gradovima srednjovjekovne Europe [2].

Sanitarni uvjeti u srednjovjekovnim gradovima doveli su do neobuzdanog rasta bolesti i smrti. Otpad je pružao hranu štakorima koji su donosili krpelje i buhe u kontakt s ljudima. Bolesti izravno povezane s ljudskim otpadom izbrisale su na stotine tisuća ljudskih života. Tu spadaju dizenterija (proizlazi iz loše higijene i vrlo je zarazna) i tifus kao i tifus groznica (nastaje iz ljudskog izmeta i mokraće). Urbanizacijski razvoj gradova srednjega vijeka je bio veoma loš. Grčka i Rimska briga i tehnologija osiguravanja kvalitetne pitke vode je izgubljena u ovom periodu.

### 3. OTPADNE VODE

Otpadne vode su sve otpadne vode iz komunalnih, trgovačkih objekata i ustanova, bolnica, industrija i sl., a uključuju i kišnicu kao i gradski otpad, poljoprivredni, hortikulturni i akvakulturni.

Kanalizacija također spada u otpadnu vodu, vidi slika 2. To su otpadne vode iz toaleta i sanitarnih čvorova, od: kupanja, pranja rublja, kuhinjskih sudopera, sredstava za čišćenje i slične onečišćene vode koja se proizvodi u kućanstvima i na javnim mjestima [3]. Voda koja otječe iz navodnjavanja travnjaka i vrtova, iz bazena i površinsko otjecanje spada u otpadne vode, ali nisu klasificirane kao kanalizacija.

Jednostavno rečeno, otpadne vode su i sve onečišćene vode iz komunalnih izvora nastale ljudskom djelatnošću. To uključuje crnu vodu, sive vode i žutu vodu. Sve onečišćene vode iz svih škola, restorana, poslovnih objekata, bolnica, farmi, poplavne vode i sve moguće onečišćene vode smatraju se otpadnim vodama. Neke otpadne vode sadrže opasne otopljene toksine i kemikalije, dok druge sadrže čestice, sedimente i suspendirane tvari svih veličina.



Slika 2. Kanalizacijske otpadne vode [4].



### 3.1. Crna voda

Crna voda je otpadna voda koja potječe iz toaleta, perilica posuđa i posuda za pripremu hrane. Sastoji se od svega što se može zamisliti da ide u odvode toaleta, kade i sudopera. Uključuju stolicu, urin i toaletni papir, tekućine za čišćenje tijela i tako dalje [5]. Poznato je da su one vrlo onečišćene otopljenim kemikalijama, česticama i općenito da su vrlo patogene.

Crne vode sadrže patogene koji se moraju razgraditi prije nego što se mogu sigurno osloboditi u okoliš. Teško je obraditi crnu vodu ako sadrži veliku količinu vode ili ako se mora brzo preraditi zbog visokih koncentracija organskog materijala. Međutim, ako crna voda ne sadrži suvišnu vodu, ili ako se primjenjuje obrada isušivanja, onda se lako obrađuje kompostiranjem. Toplina proizvedena prirodnim termofilnim mikroorganizmima zagrijava kompost na više od 60 ° C i uništava potencijalne patogene bakterije.

### 3.2. Siva voda

Otpadna voda proizvedena u kućanstvima ili uredskim zgradama bez fekalnog onečišćenja je siva voda. Ne nastaje iz toaleta, već izvori sive vode uključuju, sudopere, tuševe, kupke, strojeve za pranje odjeće ili perilice za pranje posuđa. Budući da sive vode sadrže manje patogena iako je tehnički riječ o kanalizaciji, općenito je sigurnije rukovanje i lakša obrada i ponovna upotreba na licu mjesta za ispiranje toaleta ili navodnjavanje usjeva i druge slične namjene [5].

Ponovna upotreba sive vode u urbanim vodnim sustavima pruža značajne prednosti za podsustav vodoopskrbe tako što smanjuje potrebu za svježom čistom vodom i podsustava za otpadne vode smanjivanjem količine otpadnih voda koju je potrebno prevesti na daljnju obradu. Obradena siva voda ima mnoge primjene, na primjer za ispiranje toaleta ili navodnjavanje.

### 3.3. Žuta voda

Urin prikupljen specifičnim kanalima u operacijama pročišćavanja otpadnih voda često se označava kao "žuta voda" i čini samo 1% ukupnog volumena kućnih otpadnih voda. Ona je

izvor gotovo 80% dušika i najmanje 50% fosfora iz ukupne količine hranjivih tvari koje se javljaju u komunalnim otpadnim vodama [5].

### **3.4. Komunalne otpadne vode**

Iako komunalna otpadna voda u pravilu potječe iz kućanskih aktivnosti, ona također može uključivati vodu koja se ispušta iz komercijalnih i poslovnih objekata i ustanova [6]. Prikupljena kišnica također može biti prisutna u otpadnim vodama iz domaćinstava. Takve vode obično se sastoje od voda iz sanitarnih objekata, kupanja, pranja i kuhanja. Ova vrsta vode može se obrađivati zbog svojih karakteristika.

### **3.5. Industrijska otpadna voda**

Industrijska otpadna voda nastaje u proizvodnim procesima. Teže ju je obrađivati zbog provjera kakvoće koje se moraju odvijati na industrijskoj razini. Otpadna voda industrijskih izvora može sadržavati onečišćenja poput ulja, lijekova, pesticida, mulja, kemikalija i drugih nusprodukata. Tu spadaju i vode iz bazena, autopraonica i centara za čišćenje, salona za uljepšavanje te postrojenja za proizvodnju energije. Otpadne vode se također proizvode iz poljoprivrednih objekata. Voda koja se koristi za čišćenje u uzgajalištima životinja, pranje žetve i čišćenje poljoprivredne opreme također pripada u industrijske otpadne vode [6].

## 4. ŠTETNI UTJECAJ OTPADNIH VODA

U pojedinim dijelovima svijeta, posebno u zemljama u razvoju, otpadne vode se ispiru izravno u more ili u slatkovodna tijela bez ikakve prethodne obrade. U ostalim dijelovima razvijenih zemalja, nedostatak adekvatne infrastrukture za obradu otpadnih voda, održavanje i zastarjeli sustavi otežavaju napore za obradu otpadnih voda.

Dodatni globalni problem je iscrpljenost vodenih izvora. Otpadna voda koja se ispušta na zemljištu može prodrijeti u podzemne vode te ju onečistiti. Ako se ispušta u slatkovodna tijela, može uzrokovati neprikladnost izvora vode za uporabu. Kako su svi ekosustavi povezani i oni u konačnici ovise o vodi. Pored toga, svaka voda (površinska i podzemna) je povezana. To znači da neoprezno odlaganje otpada može imati ozbiljne posljedice po okoliš.

Jedan od uobičajenih učinaka otpadnih voda je eutrofikacija<sup>1</sup> slatkovodnih tijela i oceana. Ako je jedan dio lanca ekosustava uništen, to može narušiti čitav njezin lancu ishrane. Otpadne vode za navodnjavanje mogu sadržavati neodgovarajuće kemikalije i veće koncentracije hranjivih tvari potrebnih za usjeve [7]. To može rezultirati kasnim i siromašnim urodom. Otpadna voda koja se koristi za uzgoj životinja također može sadržavati štetne stvari i kemikalije koje su se otopile u njima. Životinje mogu uginuti, a postoji mogućnost da i ljudi koji jedu takve životinje mogu biti zaraženi.

Problem u nekim mjestima je taj što se fekalna kanalizacija ispušta izravno u more, slika 3. Takva voda sadrži patogene i štetne otopljene kemikalije koje mogu utjecati na ribolov na tom području. Takvo neodgovorno ponašanje i mirisi ne potiču turizam na tom području. Stoga otpadne vode predstavljaju veliki zdravstveni problem jer prenose mnoštvo zaraza i bolesti. Vjeruje se da godišnje (globalno) umire oko 2,2 milijuna ljudi od dijareje.

---

<sup>1</sup> Eutrofikacija - Stanje prekomjernog zasićenja vodenih masa s hranjivim tvarima, što za posljedicu ima pojavu nekontroliranih efekata na biološkoj populaciji.



**Slika 3. Ispust otpadnih voda u more [8].**

## 5. CENTRALIZIRANI SUSTAVI ODVODNJE

Unutar gustih naseljenih područja centralizirani pristup obradi otpadnih voda se pokazao efikasnim, međutim to se ne može reći za manja mjesta gdje ne postoji toliko gusta populacija. Jedan od razloga je i složena, a samim time i skupa implementacija kanalizacijskih cijevi koje se u nekim slučajevima mogu protezati kilometrima. To je posebice slučaj kod nepristupačnih terena, primjerice kada postoji brdoviti teren te je potrebna uzvodna ili nizvodna provedba sustava cijevi. Ukoliko se obrađenu vodu iz centraliziranih sustava za pročišćavanje odvodi do mjesta njenog nastajanja, javljaju se dodatni troškovi u obliku održavanja mnogobrojnih crpki i priključaka koji su potrebni za takav poduhvat.

Unutar obrađene i pročišćene vode, kod nekih centraliziranih postrojenja moguće je pronaći zaostale tvari korištene za obradu same vode, a koje mogu naštetiti flori i fauni nizvodno od mjesta ispuštanja takve vode.

Povećanjem populacije javlja se potreba za proširivanjem postrojenja i većim kapacitetima što zahtijeva dugotrajno planiranje i financiranje [9]. Posljedica toga je da mnoga postrojenja rade na manjim kapacitetima budući da je potrebno ostaviti prostora za buduće nadogradnje.

Postoje dvije vrste uređaja za centralno pročišćavanje otpadnih voda. Postrojenja bazirana na kemijskoj ili fizikalnoj osnovi i biološka postrojenja za obradu otpadnih voda. Biološki orijentirana postrojenja koriste bakterije i biološke tvari za razgradnju krutog otpada unutar voda. Postrojenja namijenjena fizičkoj obradi otpada koriste fizičke procese kao i kemijske reakcije kako bi pročistili otpadne vode. Za pročišćavanje otpadnih voda iz kućanstava i poslovnih prostora idealni su biološki sustavi. Postrojenja koja se temelje na fizikalnoj i kemijskoj obradi koriste se za obradu otpadnih voda nastalih u industrijama, tvornicama i proizvodnim tvrtkama. Razlog tome je što većina otpadnih voda proizašlih iz takvih industrija sadrži toksine i kemikalije koje u velikoj mjeri mogu naškoditi okolišu, a uz njih ne mogu preživjeti niti bakterije koje služe za razgradnju.

### 5.1. Stadiji obrade otpadnih voda

Sakupljanje otpadnih voda predstavlja prvi korak u procesu obrade otpadnih voda. Općina ili gradska uprava kao i vlasnici poduzeća postavljaju sustave za centralnu obradu otpadnih voda,

a na taj način se osigurava sakupljanje i usmjeravanje otpadnih voda u jednu središnju točku. Nakon toga prikupljena voda se zatim usmjerava u postrojenja za pročišćavanje kao što je prikazano na slici 4., koristeći podzemni sustav odvodnje. Takav transport otpadnih voda bi se trebao odvijati u higijenskim uvjetima, stoga cijevi moraju biti nepropusne.

Na uređaju za pročišćavanje vrlo je važna kontrola mirisa. Unutar otpadnih voda nalazi se mnogo tvari koje tijekom vremena izazivaju neugodan miris, a što je i posljedica anaerobne razgradnje i sporog kretanja tvari kroz cijevi velikog promjera. Postupci obrade mirisa su potrebni na postrojenju za pročišćavanje kako bi se osiguralo da okolno područje ne bude pod utjecajem neugodnih mirisa. Različitim tehnikama se obrađuju svi izvori neugodnih mirisa na način da se neutraliziraju elementi koji stvaraju neugodan miris. To je prvi i vrlo važan postupak pročišćavanja otpadnih voda.

Sljedeći korak u procesu obrade otpadnih voda je screening ili rešetke, što uključuje uklanjanje velikih predmeta prolaskom otpadne vode kroz rešetke, a učinak ovisi o slobodnom otvoru među rešetkama. Uklanjaju se krupne tvari kao što su ubrusi, pamučni tupferi, pelene, plastika, krpe, sanitarne predmete, slomljene boce i sl. Svi ti predmeti se uklanjaju s ciljem zaštite opreme za obradu otpadnih voda. Ukoliko se preskoči ovaj korak, to rezultira čestim problemima s opremom i strojevima. Za uklanjanje nečistoća koja se oborinama ispire u kanalizacijske odvođe koristi se posebno dizajnirana oprema u tu svrhu. Čvrsti otpad koji se uklanja iz otpadnih voda se transportira i odlaže u za to predviđena odlagališta.

Postupak primarne obrade uključuje odvajanje makrobiotičke krute tvari iz otpadnih voda. Pročišćavanje se provodi tako što se otpadna voda izlijeva u velike rezervoare gdje će se kruta tvar ili izdvajati na površini spremnika ili polako taložiti na dno. Masnoća koja se izdvaja na površini spremnika se uklanja pomoću puhalo i sustava za ozračivanje kojim se postiže bolja flotacija masnoća. Gura se na sredinu cilindričnih spremnika, a potom izbacuje na daljnju obradu. Preostala voda koja sadrži istaloženi mulj se zatim odvodi na sekundarnu obradu.

Postupak sekundarne obrade je poznat još i kao postupak aktivnog mulja. Prva faza je dodavanje zraka u spremnike koji potom miješaju otpadnu vodu sa sjemenskim muljem. U osnovi je to mala količina mulja koji potiče rast aerobnih bakterija i drugih mikroorganizama koji razlažu preostalu organsku tvar. Tim postupkom se stvaraju velike čestice koje se talože na dnu spremnika. Otpadne vode prolaze kroz takve spremnike u periodu od 3-6 sati.

Čvrsta tvar koja se taloži nakon primarne i sekundarne obrade se potom usmjerava prema digektorima koji se zagrijavaju na sobnu temperaturu. Takav čvrsti otpad se obrađuje mjesec dana, gdje je podvrgnut anaerobnoj probavi. Ovim procesom stvaraju se plin metan i dolazi do stvaranja bio – krutina bogatih hranjivim tvarima koje su pogodne za recikliranje. Nastali plin metan čest je izvor energije za postrojenja unutar kojih se obrađuje otpadna voda. Nadalje može se koristiti za proizvodnju električne energije koja pokreće motor ili jednostavno za pokretanje strojeva postrojenja za preradu otpadne vode. Pronalazi primjenu i u kotlovima za proizvodnju topline koja se potom koristi u digektorima.

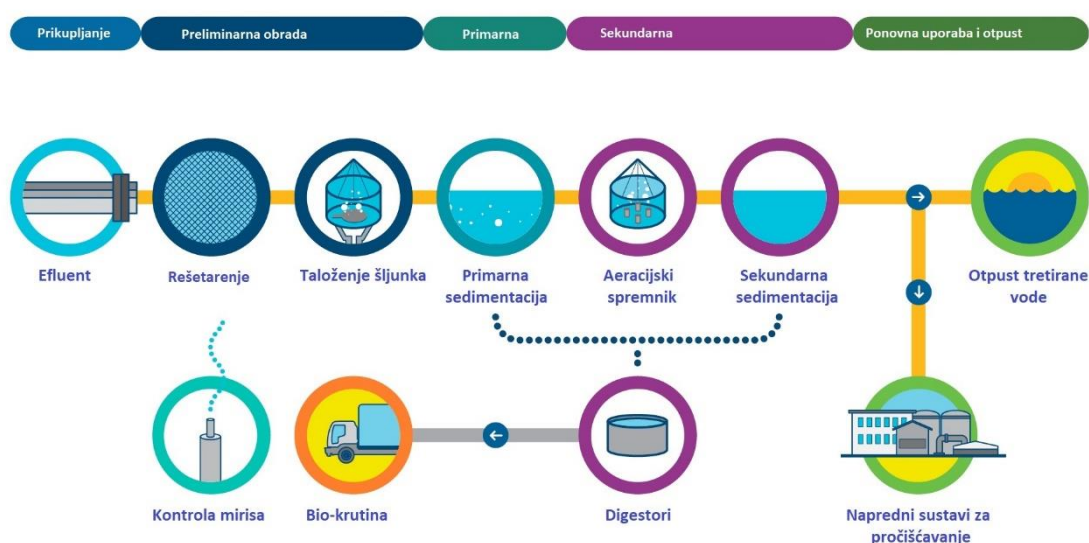
Tercijarna faza obrade vode uključuje niz dodatnih koraka nakon sekundarnog tretmana s ciljem daljnjeg smanjenja organske tvari, dušika, fosfora i patogena. Većina procesa uključuje neku vrstu fizikalno-kemijske obrade kao što su koagulacija, ultrafiltracija, adsorpcija organskih tvari na aktivnom ugljenu, reverzna osmoza i dodatna dezinfekcija. Postupak je sličan onom u postrojenjima za dobivanje čiste pitke vode. Ova faza ima sposobnost uklanjanja do 99 % nečistoća iz otpadnih voda. Na taj način se dobiva obrađena voda koja je kvalitetom bliska vodi namijenjenoj za piće. Nažalost ovaj postupak je skuplji u odnosu na ostale postupke obrade otpadnih voda. Za pravilan rad je potrebna posebna oprema, kemikalije, neprekidna opskrba energijom kao i dobro obučeni i visoko kvalificirani operateri koji će rukovati takvom opremom. Sve to nije lako dostupno, što je jedan od razloga da se ovaj postupak ne provodi u svim postrojenjima.

Po završetku primarne i sekundarne obrade otpadnih voda, postoje još neke bolesti koje uzrokuju organizmi zaostali u obrađenoj otpadnoj vodi. Kako bi se uklonili, otpadne vode moraju biti dezinficirane ukoliko je tercijarna faza obrade preskočena. To se postiže u spremnicima koji sadrže mješavinu klora i natrijevog hipoklorita u trajanju od 20 do 25 minuta. Proces dezinfekcije je sastavni dio postupka obrade otpadnih voda jer čuva zdravlje životinja i lokalnog stanovništva koje potom može koristiti takvu vodu u razne druge svrhe. Otpadna voda se otpušta u okoliš svojim prirodnim putevima.

Stvoreni i sakupljeni mulj tijekom primarne i sekundarne obrade zahtijeva zgrušnjavanje i koncentriranje kako bi daljnja obrada bila moguća. Stavlja se u spremnike za zgrušnjavanje koji omogućavaju da se mulj slegne i potom odvoji od vode. Proces može trajati do 24 sata. Preostala voda se sakuplja i šalje u spremnike za prozračivanje na daljnju obradu. Po završetku talog se obrađuje i vraća natrag u okoliš, a svoju primjenu pronalazi i u poljoprivredi.

Prednosti pročišćavanja voda su između ostalog održavanje čistoga okoliša, nema onečišćenja vode, omogućuje ponovnu uporabu obrađene vode za hlađenje strojeva u tvornicama i industrijama, sprječava širenja bolesti koje se prenose vodom i najvažnije osigurava dovoljno vode za druge namjene kao što je to slučaj kod navodnjavanja [10].

## Proces obrade otpadnih voda



Slika 4. Prikaz procesa obrade otpadnih voda [11].

### 5.2. Obrada industrijskih otpadnih voda

Postrojenja za centralizirano pročišćavanje otpadnih voda i nusproizvoda nastalih industrijskim procesima obrađuju široku paletu otpadne vode s vrlo visokim koncentracijama onečišćenja koje su izuzetno teške za obradu, poput emulgiranog ulja. Industrijski procesi često koriste takvo ulje u svojim kemijskim i mehaničkim procesima što omogućuje njegovo raspršivanje u vodi [12]. Takvo ulje ne pluta po površini vode stoga se mora ukloniti intenzivnijim tehnikama obrade. Objekti za centraliziranu obradu otpadnih voda fokusirani su na obradu ostataka i



nusproizvoda nastalih industrijskim i proizvodnim procesima. Nakon pravilne obrade industrijske otpadne vode mogu se ispuštati u komunalni sustav. Postrojenja za centraliziranu obradu otpadnih voda suočavaju se s različitim izvorima onečišćene vode koju je potrebno obraditi, vidi tablicu 1. Kako bi se osiguralo kvalitetno pročišćavanje, postrojenja za centraliziranu obradu otpadne vode razvrstavaju ih u različite kategorije.

**Tablica 1. Klasifikacija otpadnih voda prema vrsti onečišćenja [13].**

Kategorija	Vrsta onečišćenja
A	Onečišćenje metalima
B	Onečišćenje uljima
C	Onečišćenje organskim materijalom
D	Višestruka onečišćenje

U nastavku se analiziraju vrste otpadnih voda iz različitih industrijskih sektora i njihova obrada.

### 5.2.1. Hrana i piće

Mnogi izazovi u obradi otpadnih voda, bilo da je riječ o proizvodnji ribe i peradi, govedine, sira ili jestivih ulja po načinu obrade su slični. Procesi sanacije i čišćenje namirnica zahtijevaju uporabu različitih kemijskih sredstava za higijenu i čišćenje, ali i velike količine vode. Otpadna voda iz takvih procesa često dolazi u emulgiranom obliku budući da je ona kombinacija kemikalija za čišćenje, ostataka hrane iz proizvodnih procesa i naravno vode.

Glavni pokazatelji onečišćenja su: masti i ulja, suspendirane krute tvari, biološka i kemijska potrošnja kisika.

### 5.2.2. Onečišćenje primarnim metalima

Proizvodnja primarnih metala bilo da se radi o valjaonicama aluminijske, tvornicama čelika ili proizvodnji reduciranog željeza oslanja se na odvajanje ulja kao i krutih tvari ukoliko su one prisutne iz otpadnih voda kako bi proces pročišćavanja bio uspješan. Voda koja dolazi u dodir s bilo kojim proizvodom, nusproizvodom, poluproizvodom ili otpadom tijekom procesa proizvodnje naziva se procesna voda. Ona je važna budući da se koristi u različitim fazama proizvodnje što uključuje i čišćenje, hlađenje, toplinsku obradu i prijenos otpadnih materijala. Praksa je postrojenja za primarne metale izravno otpuštanje otpadne vode, stoga je njena pravovremena obrada od posebne važnosti. Najznačajnija onečišćenja otpadnih voda primarnih metala uključuju: suspendirane krutine, masti i ulja, teški metali (željezo, krom, cink, nikl).

### 5.2.3. Rudarstvo i prerada minerala

U preradi minerala i rudarstvu kvaliteta i dostupnost vode igra ključnu ulogu. Procesnu vodu je potrebno prethodno obraditi procesima poput omekšavanja ili demineralizacije prije negoli se ona može koristiti u proizvodnim i industrijskim postrojenjima. Razlog obrade procesne vode je taj što ju nakon toga možemo reciklirati za ponovnu uporabu i vraćanje u proizvodne procese. Kod proizvodnje pijeska i građevinskog materijala je važno da oni ne sadrže primjese u vidu nečistoća, stoga se oni ispiru kako bi se otklonili mulj i čestice gline koji suspendiraju u vodi kojom ispiramo. Vodom nastalom iz rudarskih zahvata potrebno je pravilno upravljati kako bi se spriječilo onečišćenje tla ili vode uslijed ispiranja teških metala. Takva voda je često kisela, stoga joj se dodaje kaustična soda, vapno ili vapnenac kako bi se njezin pH povećao. Onečišćenje procesne vode nastale rudarenjem i rudarskom industrijom su: soli, suspendirane krute tvari i metalne kiseline.

### 5.2.4. Nafta i plin uzvodno

Unutar rafinerija nastaju otpadne vode koje dolaze sa sirovom naftom nastale procesom bušenja. Takvu otpadnu vodu je teško obraditi budući da je u emulgiranom stanju. Sirovu naftu je potrebno odvojiti vode prije dovođenja u postrojenje. Ukoliko se to ne učini može doći do začepjenja ili korodiranja crpki. Stoga se sva voda koja je u dodiru s naftom obrađuje kao

otpadna voda. Otpuštena otpadna voda nastala unutar rafinerija također se može ponovno upotrijebiti nakon što se pravilno obradi. Na taj način se postiže očuvanje dragocjenih resursa vode. Obrada vode je potrebna jer se u njoj nalaze: vodikovi sulfidi, ugljikovodici, fenoli, amonijak, ulje, a tu je prisutna i kako biološka tako i kemijska potrošnja kisika.

### **5.2.5. Automobilska industrija**

Za proizvodnju jednog vozila, prema procjenama, može biti upotrijebljeno oko 40.000 litara vode. Voda pokreće proizvodnju automobila i automobilskih komponenti. To je razlog zbog kojega je uklanjanje nečistoća iz vode ključno, kao i održivost te očuvanje vode kao resursa. Otpadne vode nastaju iz otpada ulja za hlađenje, procesa oblaganja, kupki i ispiranja. Tijekom cijelog procesa je potrebna čista voda. Otpadne vode u automobilskoj industriji su onečišćene: uljem, mastima, ugljikovodicima i suspendiranim krutim tvarima [14].

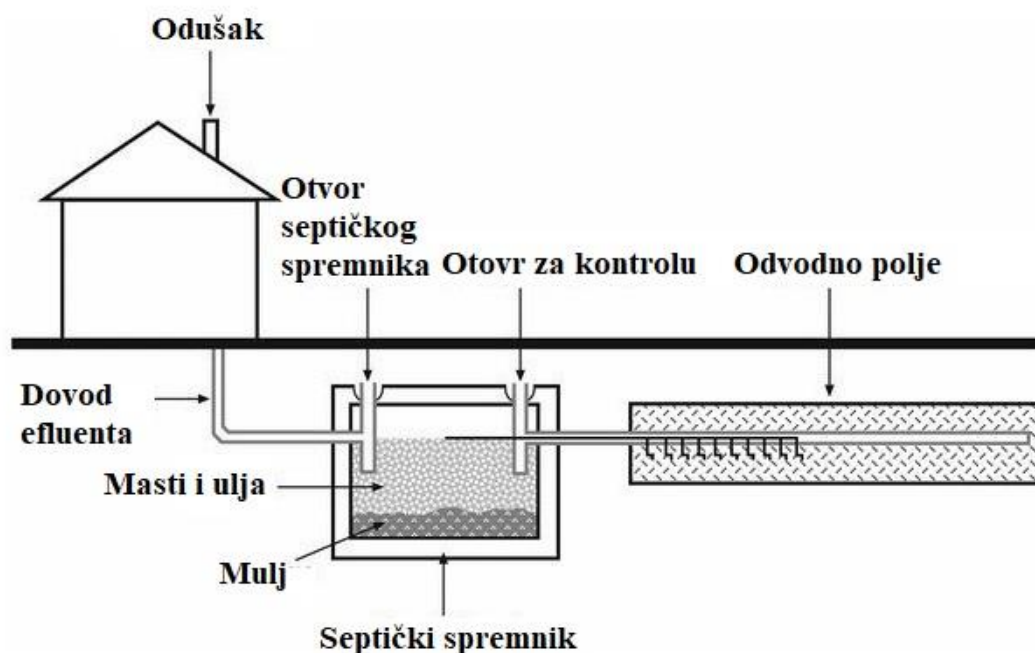
## 6. DECENTRALIZIRANI SUSTAVI ODVODNJE

Svakodnevnim korištenjem vode ona se onečišćuje te postaje otpadna voda. Prije vraćanja takve vode u prirodu potrebno ju je prethodno obraditi. U mnogim većim mjestima, kao što su gradovi takva vode se prikuplja te se cjevovodima prenosi do udaljenog postrojenja za obradu. Ondje se milijuni litara takve vode odjednom obrađuju u industrijskim razmjerima.

Otpadne vode se također mogu obrađivati u blizini izvora u manjoj mjeri. U tim slučajevima, to se naziva obrada otpadnih voda na licu mjesta u malim sustavima ili decentralizirano pročišćavanje otpadnih voda. Sva oprema za tretman nalazi se na mjestu nastanka otpadne vode.

Otpadna voda dolazi od umivaonika, odvoda, zahoda, tuševa, perilica rublja i drugih uređaja. Takva voda uglavnom sadrži malu količinu krutih tvari. Organske krutine mogu se obraditi ili "razgraditi" uz pomoć bakterija. Sustav za pročišćavanje otpadnih voda na licu mjesta obično se naziva septički spremnik ili septički sustav. U septičkom sustavu otpadna se voda odvodi iz stambenog objekta unutar kojega se stvara u septički spremnik kao što je to prikazano na slici 5. Ovo je samo jedan tip malog sustava i općenito je najjednostavniji. Postoje mnoge druge vrste septičkih sustava prilagođenih različitim potrebama u realnim uvjetima.

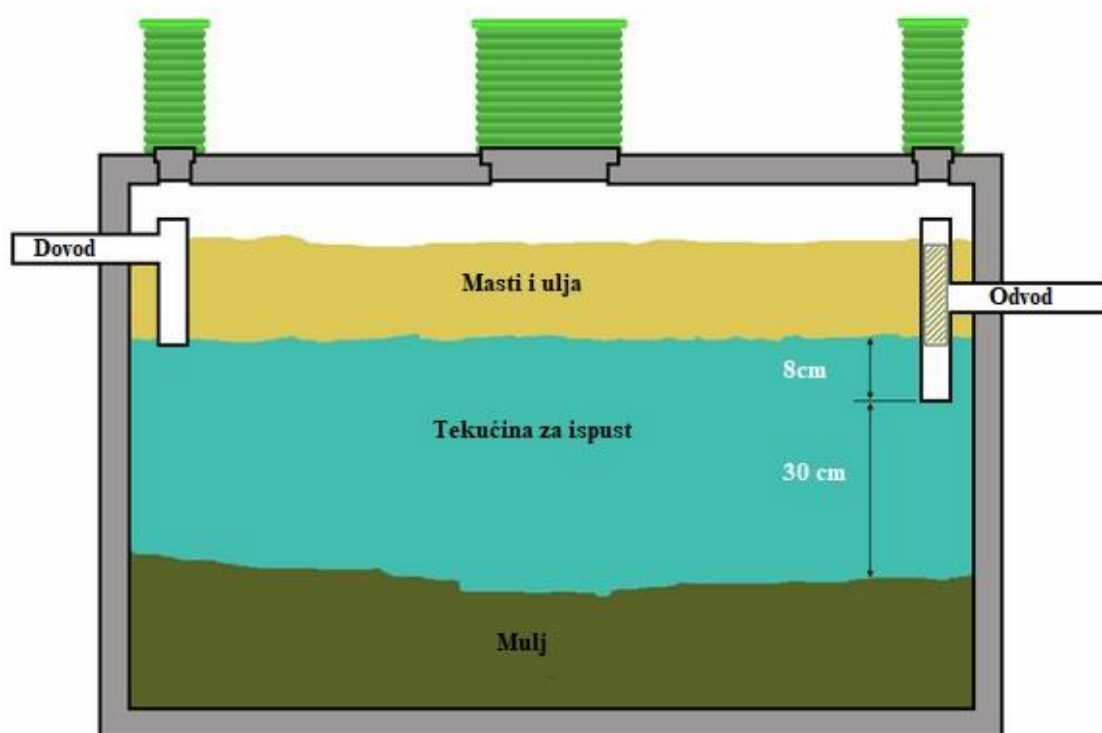
### Princip rada septičkih spremnika



Slika 5. Prikaz rada septičkih spremnika [15]

Septički spremnik prima otpadne vode iz svih odvoda i zahoda u zgradi. Naravno treba izbjegavati bacanje čvrstih materijala koji se ne mogu obraditi, kao što su papir, plastika, tkanina, drvo, kamen itd. Također, septički spremnik ne bi trebao primiti nikakve štetne kemikalije kao što su motorno ulje, benzin, izbjeljivač i kiseline. Razlog tome je što ukoliko štetne kemikalije uđu u septički spremnik, korisne bakterije mogu odumrijeti, a otpadne vode se neće dalje obrađivati [16]. Tradicionalna septički spremnik je potpuno podzeman. Otpadna se voda odvodi pomoću gravitacije iz zgrade u septički spremnik. Obično nema filtra na odvodnom vodu koji vodi do septičkog spremnika. Dakle, ako se u odvod stavi bilo kakva mala krutina, mogla bi ući u septički spremnik.

Unutar septičkog spremnika odvija se proces biološke degradacije. Bakterije konzumiraju organski (ugljični) materijal i većinski dio toga pretvaraju u vodu, ugljični dioksid i plinove. Krutine koje se ne razgrade padaju na dno spremnika i tvore gusti sloj mulja. Obradena otpadna voda puni spremnik do razine ispusnog otvora. Tekućina se prelijeva i izlazi iz spremnika kako bi otišla u distribucijski sustav, vidi sliku 6. Ukoliko tekućina treba ići uzbrdo, potrebna je crpka. Distribucijski sustav je niz paralelnih cijevi smještenih oko 50 centimetara ispod površine. Takve zakopane cijevi sadrže proreze i rupe te primaju tekućinu. Polje u kojem se distribuira otpadna voda naziva se odvodno polje ili infiltracijsko polje. Obradena otpadna voda sporo teče kroz proreze u cijevi i apsorbira se u tlu blizu cijevi. Tlo ima sposobnost apsorbaranja otpadnih voda tako da ne ulazi ni u kakve potoke ili rijeke u blizini.



**Slika 6. Proces biološke degradacije [15].**

Veći decentralizirani sustavi za pročišćavanje otpadnih voda koriste isti princip sabirne posude koja se prelijeva ili se pumpa na odvodno polje ili infiltracijsko polje. Ove veće sustave mora projektirati inženjer koji je obučen i iskusan u projektiranju decentraliziranih sustava. Kada nekoliko zgrada, kao i mnoge kuće ili poslovni objekti, odvode otpadne vode u jedan spremnik, to se naziva “klaster” sustav [16].

Redovito održavanje decentraliziranih sustava nužno je za njihov ispravan rad. Ako pumpe nisu potrebne za dobavu sirove otpadne vode u spremnik ili za dobavu preljevne tekućine na odvodno polje, održavanje je minimalno.

Tekućina koja ulazi u infiltracijsko polje ravnomjerno se raspoređuje po cijevnom sustavu. Sposobnost tla koja okružuje cjevovodni sustav da apsorbira tekućinu određuje da li se tekućina pomiče prema dolje, bočno ili prema gore kroz ta tla. Uobičajeno je da se dio tekućine kreće prema površini tla u polju izlučivanja i isparava ili je zahvaća vegetacija koja raste na površini. Ako razina tekućine u razvodnim vodovima ispunjava cjevovodni sustav, gotovo sva voda će se na kraju krenuti prema površini gdje će ispariti direktno ili preko površine lista biljaka. Za

pravilan rad i normalnu funkciju sustava ne smije u odvod se ne smiju dodavati niti ispirati čvrsti predmeti koji se ne raspadaju kao što su papir, plastika i kava. Ove stavke onemogućavaju pravilan rad sustava i na koncu samu obradu otpadnih voda.

## **6.1. Primjer projekta: Decentralizirani sustav obrade otpadne vode u Hapkintonu, Massachusetts**

Hopkinton je posjedovao komunalnu kanalizaciju međutim nije postojalo postrojenje za obradu efluenta<sup>2</sup>. Otpadna voda iz grada Hopkintona se upušivala u druge gradove, a problem je nastao što su i oni radili s punim kapacitetima. Studija je provedena radi ispitivanja alternativa na području grada i provedene su analize troškova. To je dovelo do izgradnje novoga postrojenja kapaciteta obrade preko jednoga milijuna litara vode po danu.

Inovativno rješenje je osmišljeno za iskopavanje kanalizacijskog sustava koji djelomično preusmjerava tok postojeće kanalizacije u novo postrojenje za pročišćavanje efluenta. Zbog blizine prirodnih močvarnih područja, bio je ograničen prostor i novi površinski sustav odvodnje. Predložena je gradnja podzemnog ispusta koji se sastoji od podzemnoga infiltracijskoga bazena prikazanog na slici 7. Problem je riješen visoko učinkovitim sustavom infiltracije koji se proteže na 7452 m<sup>2</sup>. Drugi izazov koji je riješen ovim sustavom je taj što se mogao uklopiti na ograničen i neravan teren, a mogao je i napuniti i okolna močvarna područja. Kuće koje su povezane na novi sustav plaćaju porez i pristojbe koje cijenom odgovaraju onima spojenim na centralizirani sustav. Na taj način se financiraju troškovi održavanja i rada sustava [17].

---

<sup>2</sup>Efluent – jedinstven naziv za tehnološke otpadne vode koje se pročišćene ili nepročišćene ispuštaju u sustav javne odvodnje ili u površinske vode i otpadne vode sustava javne odvodnje  
*Sveučilište u Rijeci Studij politehnike*



Slika 7. Gradnja podzemnog ispusta [17].

## 6.2. Ekološka prednost decentraliziranih sustava odvodnje

Svakodnevnom uporabom i korištenjem smanjuju se zalihe podzemne vode. Raspršivanje tla kao dio cjelokupnog dizajna decentraliziranog sustava za obradu, prikupljanje i raspršivanje otpadnih voda obrađuje prethodno konzumiranu podzemnu vodu i ponovno je vraća u prirodu blizu mjesta njenog nastanka. Takav pristup je u oštroj suprotnosti centraliziranom sustavu, gdje se pročišćena otpadna voda odvodi kilometrima od njenog mjesta nastanka te na koncu ispušta u rijeke. U osnovi se tu radi o rasipanju vodenih resursa. Budući da decentralizirani sustavi obrade otpadnih voda vraćaju istu u blizini njenog mjesta prikupljanja i na taj način obnavljaju rezerve podzemne vode, njihova implementacija ostvaruje značajnu prednost u priobalnim, sušnim ili zaštićenim područjima. Takvi sustavi pružaju izvrstan tretman otpadne vode i pomažu očuvanju osjetljivog ekološkog balansa [17].



### 6.3. Odabir pravilnog septičkog sustava

Mnoge privatne kuće nemaju priključak na centralizirani kanalizacijski priključak. To je razlog zbog kojega se ljudi odlučuju na vlastite autonomne sustave kanalizacije. Sustavi septičkih spremnika dolaze u različitim izvedbama stoga je potrebno određeno znanje za odabir pravoga sustava za privatne potrebe. Važno je obratiti pažnju na prednosti i nedostatke materijala spremnika ovisno radi li se o plastičnim ili metalnim spremnicima, veličini spremnika, kao i o načinu prijevoza, instalaciji i održavanju.

Izbor sustava septičkih spremnika obično ovisi o načinu na koji će se koristiti. Velikim dijelom na odabir će ovisiti o broju članova obitelji, radi li se o kući za odmor ili kućanstvu, te o broju kupaonica i sl. Tip samoga spremnika će također ovisiti o zemljištu i vrsti zemljišta - na primjer, na malom zemljištu ne može se instalirati ogromna konstrukcija ili ako je potreban septički sustav za planinsku kuću, moraju se imati na umu mogući problemi s instalacijom, oborinama, podzemnim vodama itd.

Univerzalni septički sustav ne postoji, stoga nema ni odgovora na pitanje; koji je septički sustav najbolji. Svaki sustav nosi svoje prednosti i nedostatke, dok u jednome slučaju savršeno odgovara uvjetima na terenu, već u sljedećemu to neće biti tako. Općenito svi septički sustavi sastoje se od dva glavna elementa - spremnika i odvodnog polja. Unutar spremnik se nalazi sva otpadna voda iz kućanstva, a čvrste komponente i voda su odvojeni unutar spremnika. Otpadna voda se obrađuje i odlazi u odvod gdje se prenosi do tla koje apsorbira tu istu vodu. Neovisno o vrsti odabranog septičkog sustava glavne funkcije septičkih spremnika su: osigurati prostor gdje se masti i krute tvari mogu odvojiti od tekućina, osigurati biokemijsku razgradnju krutih tvari i osigurati skladištenje mulja [15].

Svaki spremnik sadrži tri sloja - donji sloj krute tvari, nazvan mulj, sloj bistrog tekućeg otpada (otpadnih voda) koji se naziva i prozirna zona, te sloj masti (smeća), koji lebdi na površini tekućeg otpada. Važan je odabir materijala od kojih se izrađuju septički spremnici kao što su: čelik, beton, plastika i stakloplastika [15]. Svaki od navedenih materijala ima svoje prednosti i nedostatke, ali betonski i plastični spremnici su najpopularniji izbor.

Međutim, pored materijala, spremnici se razlikuju po konstrukciji. Postoji izbor između tankova s jednim ili više komora. Spremnici s jednim odjeljkom obično imaju jedan glavni poklopac i dva manja poklopca na oba kraja. Spremnici s dvostrukim odjeljkom nude

učinkovitije taloženje tvari proizašlih iz otpadnih voda prije nego one krenu u odvodno polje ili polje za drenažu. Međutim za pravilan rad svakoga tako i ovoga sustava potrebno je redovno održavanje i pražnjenje kako ne bismo riskirali prelijevanje krutih tvari u odvodno polje.

Glavna podjela septičkih spremnika je na konvencionalne i alternativne. Izbor naravno ovisi o individualnim potrebama, uvjetima tla i mjestu ugradnje. Konvencionalni septički sustavi uključuju gravitacijske sustave i sustave distribucije tlaka.

Gravitacijski sustavi uključuju tri elementa - septički spremnik, odvodno polje i razinu tla ispod odvodnog polja. Kao što ime sugerira, ovi sustavi koriste gravitaciju za pomicanje otpadnih voda kroz septički spremnik i u odvodno polje. Ovaj konvencionalni septički sustav sadrži i sloj šljunka na odvodnom polju, a perforirane cijevi leže na šljunku. Kad efluent uđe u cijevi u odvodnom polju, filtrira se kroz šljunak. Organske komponente unutar otpadne vode razgrađuju se pomoću bakterija. Uobičajena je praksa gravitacijskih sustava da imaju razvodnu kutiju koja distribuira otpadnu vodu do odvodnoga polja.

Tlačni septički sustavi koriste komoru s pumpom koja sakupljeni efluent unutar septičkih spremnika distribuira dalje cjevovodom do odvodnog polja. Tipično je pumpa izvedena na podu komore. Plovcu služe za upravljanje pumpe tj. pomoću njih se ona uključuje i isključuje kada otpadna voda dosegne prethodno određenu razinu. Moguća je i izvedba s alarmom koji obavještava o previsokoj razini otpadnih voda unutar sustava. Osim sustava plovaka moguće je koristiti i vremenski mjerač umjesto upravljanja plovkom.

Kao alternativa konvencionalnim spremnicima javljaju se aerobni spremnici koji sadrže jedinicu za aerobnu obradu koja se sastoji od odjeljaka gdje se nalaze krute tvari, aerobne komore u kojoj se pročišćava efluent i odjeljka za razbistravanje. Aerobni septički spremnici su dobar izbor kada imate malu količinu ili lošu drenažu tla.

Aerobni sustavi septičkih spremnika omogućuju bakterijama i organizmima uvijete bogate kisikom koje potom razlažu i time smanjuju organski dio otpada. Stoga je značajka aerobnih septičkih sustava ta da im je potreban kisik. Takvi septički sustavi opremljeni su mehanizmima koji dovode i cirkuliraju zrak unutar aerobnih septičkih spremnika. Mnogostruke su koristi ovakvih sustava budući da je razina pročišćavanja efluenta visoka, pomažu očuvanju vodenih resursa i pogodni su za instalaciju na mjestima gdje konvencionalni septički sustavi nisu primjenjivi [15].

## 6.4. Napredni sustavi za pročišćavanje

Napretkom decentraliziranih sustava u obradi, prikupljanju i raspršivanju koji su nekada bili dostupni samo za veće sustave, stvorila se mogućnost primjene napredne tehnologije u manjim razmjerima. Danas se nude strategije obrade vode na visokoj razini koje se bave zaštitom sliva, osjetljivog okoliša i smanjenjem emisije dušika. One su posebno važne za obalna područja i zajednice gdje nemamo mogućnost otpuštanja u površinske vode.

Sve češća je praksa zajednica da koriste kombinirani pristup u rješavanju svojih potreba za pročišćavanjem otpadne vode. Takvi sustavi često koriste centralizirano postrojenje za prikupljanje i obradu, nakon čega se obrađena voda otpušta u polja za drenažu. Također većina centralno upravljanih decentraliziranih sustava za obradu tj. pročišćavanje otpadnih voda, bilo da je riječ o sustavima zajednica u privatnom ili javnom vlasništvu ima na raspolaganju obučeno i obrazovano osoblje kao što je to slučaj kod centraliziranih sustava [17].

Jedan od prioriteta zajednica sa starim ili manjim postrojenjima je pronalazak rješenja koje ne zahtijevaju velika kapitalna ulaganja, a mogu produžiti životni vijek postrojenja i proširiti postojeće kapacitete centraliziranih sustava. Na taj način bi se mogao dati i doprinos održivome razvoju. Autonomni decentralizirani sustavi uspješno se ugrađuju i zamjenjuju ili saniraju male sustave koji koriste površinsko ispuštanje vode. Takvi novi sustavi su nerijetko upareni s novim proizvodima i komponentama poput velikih plastičnih septičkih spremnika. Na taj način se omogućava zaštita prirodnih resursa i javnoga zdravlja uz cijene koje zajednice mogu priuštiti.

Inženjeri koji su otvoreni za nove pristupe i mogućnosti smatraju da takvi sustavi lako prilagodljivi svim uvjetima mjesta implementacije. Dugoročna rješenja se pružaju kod unaprijed planiranih projekata decentraliziranih sustava koji nude obradu efluenta uz profesionalno upravljanje. Glavna prednost takvih sustava je što su primjenjivi u više aplikacija bilo da se radi o velikim ili malim sustavima [17].

## **7. USPOREDBA CENTRALIZIRANIH I DECENTRALIZIRANIH SUSTAVA ODVODNJE**

Kod centraliziranih sustava odvodnje prisutna je visoka potrošnja vode, mreža odvodnje je skupa, a nije rijedak slučaj da redovito održavanje sustava bude zanemarivano. Posljedica toga je da se javljaju infiltracija i eksfiltracija. Nadalje problemi koji se pojavljuju kod obnove takvih zastarjelih sustava su što obnova takve infrastrukture zahtijeva ogromna ulaganja koja često bivaju nepotpuna. Zadovoljavanje parcijalnim rješenjima ima za posljedicu onečišćenja kao i druge probleme. Također takve sustave nije moguće prilagoditi novonastalim uvjetima [17].

Klasični sustavi obrade otpadnih voda podrazumijevaju znate troškove ulaganja i održavanja. Troškovi koji se javljaju su velike količine električne energije ili kemikalija koje je dugoročno teško otplaćivati. Naravno ti troškovi su neusporedivi s onima ekološkog karaktera, kada se ispušta otpadna voda bez pravilne obrade koja tada zahtijeva ogromne potrošnje energije i resursa zbog gubitka topline, slatke vode i hranjivih tvari za živi svijet u tom okruženju. Od cjelokupnih ulaganja u gospodarenje otpadnih voda, obrada otpadne vode čini 20%, a prikupljanje i prijenos otpadne vode čak 80% [18].

Decentralizirani sustavi nemaju rješenja za sve probleme otpadnih voda. Također konvencionalni centralizirani sustavi ne nude optimalno rješenje za sve zahtjeve obrade otpadnih voda. Naravno, ne treba zanemariti potencijalne prednosti malih decentraliziranih sustava posebno kod malih rubnih naselja.

Usporedba klasičnih centraliziranih i decentraliziranih sustava odvodnje se teško pronalazi zbog različitih tehnologija koje se mogu primijeniti. EPA je 2000. godine napravila usporedbu za zamišljeno ruralno mjesto od 450 stanovnika u 135 kuća [18], tablica 14.

Opcija priključivanja na centralizirani sustav je prihvatljiva ukoliko se rubno naselje nalazi u njegovoj blizini. Uvjet je da centralizirano postrojenje svojim kapacitetima može prihvatiti dodatnu otpadnu vodu. Ukoliko se rubno naselje nalazi na većoj udaljenosti prikupljanje i obrada u centraliziranome postrojenju nisu isplativi. Valja naglasiti i visoke troškove centraliziranih sustava u slučaju kvara.

**Tablica 2. Usporedba troškova centraliziranog i decentraliziranih sustava za zamišljeno ruralno naselje prema podacima EPA [18].**

Troškovi tehnologije za zamišljeno rubno naselje				u USD
Tehnološka opcija	Ukupni kapitalni troškovi	Godišnji troškovi rada i održavanja	Ukupni godišnji troškovi (kapital po godinama plus rad i održavanje)	Prosječni mjesečni troškovi po kućanstvu
Centralizirani sustavi	2.585.600 - 4.176,590	33.110 - 44.830	241.480 - 381.410	149 - 235
Alternativni gravitacijski kolektori malog promjera	666.040	8.120	61.800	38
Mali sustavi obrade na mjestu nastanka	567.940	14.920	60.690	37

*Napomena: Ruralno naselje ima 450 stanovnika u 135 kuća.*

*Podaci EPA za 1997. godinu su ekstrapolirani na troškove u 2000. godini.*

## 7.1. Kombiniranje centraliziranih i decentraliziranih sustava odvodnje

S ciljem održavanja okoliša i razvitka zajednice, a istovremeno štiteći javno zdravstvo, zdravstveni radnici i inženjeri moraju posezati za inovativnim rješenjima prilikom obrade otpadnih voda. Kako bi se mogli efikasno nositi sa svim komercijalnim zahtjevima, bila je potrebna evolucija decentraliziranih sustava odvodnje. Danas su oni ekonomična alternativa velikim centraliziranim sustavima obrade otpadnih voda iz prošlosti. Unutar zajednica neki decentralizirani sustavi dnevno mogu prikupljati i obraditi više od milijun litara otpadnih voda. U mnogim slučajevima kombinirani pristup decentraliziranih sustava obrade u kombinaciji s centraliziranim sustavima nudi optimalno rješenje za zajednice s minimalnim proračunom za infrastrukturne projekte i potrebe širenja postrojenja za obradu otpadnih voda.

Ovakav pristup kombiniranja sustava omogućava širenje područja primjene sustava odvodnje bez potrebe odvodnje efluenta na udaljene lokalitete. Zajednice mogu implementirati decentralizirane sustave s podzemnim odlaganjem. Kada je riječ o sustavima septičkih

spremnika, gdje skupine kuća ili pojedinačna kućanstva imaju spremnike otpadne vode unutar kojih se sakuplja efluent, govori se o sjecištu centraliziranih i decentraliziranih pristupa sustava odvodnje. Ukoliko postoji više izvora stvaranja otpadnih voda kao što je to slučaj kod velikih komercijalnih sustava, najčešća je upravo kombinacija obiju tehnologija na koje se može gleda s centraliziranim tj. decentraliziranim pristupom.

## 7.2. Stanje u Republici Hrvatskoj

S obzirom na to da je veliki dio Hrvatske porozan krški prostor, pročišćavanje otpadnih voda je jedini način očuvanja velikih zaliha vode. Pridoda li se tome činjenica da Hrvatska svoj razvoj temelji na proizvodnji zdrave i ekološki čiste hrane kao i na turizmu, onda je sasvim jasno da su čistoća mora, rijeka, jezera, močvarnih područja i podzemnih voda uvjet gospodarskog razvitka [19].

U Hrvatskoj je dosad izgrađeno stotinjak centraliziranih uređaja za obradu otpadnih voda, a od toga je približno 30% samo s preliminarnom obradom, otprilike 20% ima prvi stupanj obrade, a više od 45% je s drugim stupnjem obrade, dok ih je najmanje, do 5 %, s trećim stupnjem obrade otpadnih voda [19].

Centralizirani sustavi obrade otpadnih voda za sobom povlače izgradnju cjevovoda kojim se otpadna voda doprema do uređaja za obradu otpadnih voda. U nekim slučajevima takav sustav cjevovoda se može protezati kilometrima od mjesta prikupljanja do centraliziranog uređaja za obradu otpadnih voda. Takav pothvat zahtijeva velika kapitalna ulaganja koja premašuju milijunske iznose.

Prihvatljivija opcija za Hrvatsku gdje stanovništvo uglavnom živi u ruralnim naseljima su mali sustavi, tj. decentralizirani sustavi prikupljanja, obrade i ponovnog korištenja ili zbrinjavanja otpadne vode na ili blizu mjesta nastanka. Za porozan krški prostor hrvatske su pogodni decentralizirani sustavi sa visokim stupnjem obrade otpadnih voda. Razlog tome je poroznost tla gdje nemamo filtraciju kroz slojeve zemlje i pijeska. Očuvanje vode je olakšano s obzirom na to da decentralizirani sustavi mogu pomoći prihranjivanju podzemne vode, vodonosnika i održavanju protoka tijekom sušne sezone. Prednost takvih sustava je što se mogu ugrađivati prema potrebi, čime se izbjegavaju veliki kapitalni izdaci kao što je to slučaj kod centraliziranih sustava za obradu otpadnih voda [18].

## 8. ZAKLJUČAK

Pronalaženje učinkovitih i održivih, a troškovno prihvatljivih rješenja za izgradnju adekvatne infrastrukture predstavlja izazov kojim se lokalne zajednice i inženjeri zajedničkim snagama trebaju pobrinuti za sigurnu i kvalitetnu obradu otpadnih voda. Vodeni tokovi, blizina vodenih tijela kao i očekivani dnevni protoci otpadne vode ključni su faktori odabira odgovarajućeg sustava za obradu otpadnih voda bilo da je riječ o pojedinačnim kućanstvima, trgovačkim ili industrijskim postrojenjima.

Tehnologija svakodnevno napreduje i nastoji se održati u korak s propisima o zbrinjavanju otpadnih voda. Takvi strogi propisi o očuvanju ekološke ravnoteže dali su svoj doprinos razvoju visoko učinkovitih sustava za obradu otpadnih voda. Strategije kombiniranog korištenja decentraliziranih i centraliziranih sustava obrade otpadnih voda, često se dokazuju uspješnima i isplativima za zajednice budući da koriste najbolje od oba sustava.

U Republici Hrvatskoj gdje postoji mali broj velikih naselja, odnosno gdje stanovništvo nije u tolikoj mjeri koncentrirano u velikim gradovima, prihvatljiviji sustav odvodnje je onaj decentralizirani. Izgradnjom takvih malih sustava izbjegavaju se veliki kapitalni izdaci kao što je to slučaj kod centraliziranih sustava za obradu otpadnih voda. Nema odvođenja vode od mjesta njenog crpljenja čime se omogućuje prihranjivanju podzemne vode, vodonosnika i održavanje protoka tijekom sušne sezone, kao i očuvanje velikih zaliha vode kojima Hrvatska obiluje.

## 9. LITERATURA

- [1] Urban wastewater treatment: past, present and future, s Interneta, <http://www.eolss.net/sample-chapters/c07/e6-144-24.pdf>, 28.5.2018.
- [2] The evolution of sewage treatment, s Interneta, <http://www.ashland.or.us/files/anceint%20history.pdf>, 4.6.2018.
- [3] What is wastewater?, s Interneta, <http://www.eschooltoday.com/wastewater/what-is-wastewater.html>, 12.6.2019.
- [4] Sewage study highlights global antimicrobial resistance disparity, s interneta, <http://www.cidrap.umn.edu/news-perspective/2019/03/sewage-study-highlights-global-antimicrobial-resistance-disparity>, 12.6.2019.
- [5] Types of wastewater, s Interneta, <http://www.eschooltoday.com/wastewater/types-and-sources-of-wastewater.html>, 14.6.2019.
- [6] Types of Waste Water, s Interneta, <https://sciencing.com/list-6904747-types-waste-water.html>, 15.6.2019.
- [7] Environmental Impact: How Our Waste Water Impacts The Earth Around Us, s Interneta <https://www.proudgreenhome.com/news/environmental-impact-how-our-waste-water-impacts-the-earth-around-us/>, 21.6.2019.
- [8] Dive spot sewage poses swimming health risk, s Interneta <https://timesofmalta.com/articles/view/Dive-spot-sewage-poses-swimming-health-risk.484990>, 21.6.2019.
- [9] Traditional Centralized Wastewater Treatment, s Interneta <https://presbyeco.com/technical-information/the-benefits-of-onsite-wastewater-treatment/centralized-wastewater-treatment/>, 23.7.2019.
- [10] Step by Step Wastewater Treatment Process, s Interneta, <https://www.conserve-energy-future.com/process-of-wastewater-treatment.php>, 29.8.2019.
- [11] How wastewater is treated, s Interneta, <https://www.watercorporation.com.au/water-supply/wastewater-services/how-wastewater-is-treated>, 29.8.2019.
- [12] CENTRALIZED WASTEWATER TREATMENT, s Interneta, <https://www.dober.com/greenfloc/centralized-wastewater-treatment>, 14.8.2019.



- [13] Centralized Waste Treatment Effluent Guidelines, s Interneta, <https://www.epa.gov/eg/centralized-waste-treatment-effluent-guidelines>, 29.7.2019.
- [14] Oily Wastewater by Industry, s Interneta <https://www.dober.com/greenfloc/resources/oily-wastewater-by-industry>, 14.8.2019.
- [15] Septick tank systems - how to choose the right one for your home, s Interneta, <https://deavita.net/septic-tank-systems-types.html>, 4.7.2019.
- [16] WHAT IS AN ONSITE OR DECENTRALIZED WASTEWATER SYSTEM, s Interneta, <https://rcap.org/resource/onsite-decentralized-wastewater-system/>?, 13.7.2019
- [17] Combining Decentralized And Centralized Wastewater Treatment Strategies To Solve Community Challenges, s Interneta, <https://www.wateronline.com/doc/combining-decentralized-and-centralized-wastewater-treatment-strategies-to-solve-community-challenges-0001>, 27.8.2019.
- [18] Runko Luttenberger, L. : " Inženjerstvo okoliša u komunalnom gospodarenju otpadom i vodom", Rijeka, 2011.
- [19] Nadilo, B. : "Najsuvremeniji uređaji za pročišćavanje otpadnih voda", Građevinar, 64 (2012) 6, str. 493 - 503

## **PRILOZI**

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija