

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**STANJE ČIŠČENJA ODPADNIH VODA V SLOVENIJI**

**TANJA TRAP**

**VELENJE, 2017**

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**STANJE ČIŠČENJA ODPADNIH VODA V SLOVENIJI**

**TANJA TRAP**

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: prof. dr. MILENKO ROŠ

Somentor: mag. Branko NAVERŠNIK

VELENJE, 2017

Številka: 726-3/2016-2  
Datum: 22. 1. 2016

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Tanja Trap** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

**Stanje čiščenja odpadnih voda v Sloveniji.**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

**State of wastewater treatment in Slovenia.**

Mentor: **prof. dr. Milenko Roš.**

Somentor: **Branko Naveršnik, univ. dipl. ekon.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny  
dekan



Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

[www.vsvo.si](http://www.vsvo.si)

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **Tanja Trap**, vpisna številka **3410042**, študentka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela **Stanje čiščenja odpadnih voda v Sloveniji**, ki sem ga izdelala pod:

- mentorstvom **prof. dr. Milenka Roša**
- somentorstvom **mag. Branka Naveršnika, uni.dipl.ekon.**

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala **Maja Mešl**;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: 30.9.2017

Podpis avtorice: \_\_\_\_\_

*Zahvala*

*Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Milenku Rošu in somentorju mag. Branku Naveršniku univ. dipl. ekon. za pomoč in nasvete pri pisanju diplomske naloge. Posebne zahvale gredo moji mami Milevi Trap in mojemu partnerju Alešu Lekšu Kavdiku, ki sta me v času študija spodbujala in motivirala ter vsem ostalim, ki so mi pri pisanju diplomske naloge kakorkoli pomagali in mi stali ob strani.*

*Hvala vsem!*

## Izveček

Voda je bistvenega pomena za našo družbo in naše zdravje. Čiste reke, jezera in obalne vode so pomembne za gospodarstvo in rekreacijo. Pomagajo tudi ustvarjati identiteto območij, na katerih živimo.

Odpadne vode lahko močno škodijo kakovosti vode, če se z njimi ravna napačno. Učinki so lahko različni, od lokalnega povečanja umrljivosti rib do težav na širokih območjih zaradi razširjenja alg, ki nastajajo zaradi čezmernega gnojenja s strani kmetovalcev in ogrožajo celotni ekosistem.

Odpadne vode vključujejo »porabljeno« vodo, odplake iz gospodinjstev in vodo, ki je bila uporabljena v industriji. Če je ne uspemo prečistiti, bo prišlo do onesnaženja morij, jezer in rek z neizbežnimi škodljivimi posledicami za živali, rastline in lastno zdravje.

Ključne vire onesnaževanja, kot so komunalne odpadne vode in onesnaževanje z nitrati iz poljedelstva, obravnavajo posebne direktive EU, ki poskušajo obvladovati onesnaženje pri nastanku.

Namen Direktive 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne vode je postaviti standarde in določiti temeljna načela ter metode za ravnanje z odpadnimi vodami.

Ključne besede: odpadna voda, onesnaževanje, čistilna naprava, greznica, čiščenje odpadnih vod.

## Abstract

Water has a significant meaning for human health and our society. Clean rivers, lakes and coastal waters are very important for economy and recreation. They are also a big part of making an identity of the areas we live on.

Wastewaters can severely harm the quality of water if not handled the right way. The effects can be different, i. e. local increase in fish mortality or problems with algae spread, caused by excessive fertilization from farmers. All in all, they are endangering the whole ecosystem.

Wastewaters include used water, household sewage and water, used in industry. If we do not treat and clean it properly this can lead to polluting the sea and rivers; moreover, it can have drastic and harmful effects on all living species.

Key sources of pollution (such as municipal wastewater and nitrate pollution from agriculture) are being dealt with the specific EU Directives which are trying to handle/prevent the pollution at its beginning point.

The main purpose of Directive 91/271/EGS about cleaning municipal wastewater is to set standards, make fundamental principles and methods for wastewater treatment.

**Keywords:** wastewater, pollution, wastewater treatment plant, cesspit, wastewater treatment.

## KAZALO

<b>1 UVOD</b> .....	<b>2</b>
1.1 Opredelitev področja in opis problema .....	2
1.2 Osnovne trditve, namen, cilji diplomskega dela .....	2
1.3 Hipoteze .....	3
1.4 Predvidene metode dela diplomske naloge .....	3
<b>2 ZAKONODAJA O VODAH IN STRATEGIJA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Zakonodaja EU o vodah .....	4
2.2 Zakonodaja o vodah v Sloveniji .....	4
2.3 Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode .....	5
<b>3 OPREDELITEV ODPADNE VODE</b> .....	<b>7</b>
3.1 Odpadne vode in viri odpadnih voda .....	7
3.2 Komunalne odpadne vode .....	8
3.3 Lastnosti odpadnih voda .....	8
3.3.1 Onesnaževanje odpadnih voda .....	8
3.3.2 Fizikalne lastnosti odpadnih voda .....	9
3.3.3 Kemijske lastnosti odpadnih voda .....	10
3.3.4 Biološke lastnosti odpadnih voda .....	13
<b>4 ČIŠČENJE ODPADNIH VODA</b> .....	<b>14</b>
4.1 Samočistilna sposobnost vode .....	14
4.2 Napredni postopki čiščenja .....	15
4.3 Primarno, sekundarno in terciarno čiščenje .....	16
4.4 Biološko čiščenje odpadnih voda.....	17
4.4 Čiščenje odpadne vode v Sloveniji .....	21
4.5 Presek stanja in analiza čiščenja odpadnih voda v Sloveniji .....	22
<b>5 VRSTE KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAV</b> .....	<b>26</b>
5.1 Velike čistilne naprave .....	26
5.1.1 Industrijske čistilne naprave .....	26
5.2 Male komunalne čistilne naprave .....	26
5.2.1 Nepretočne greznice.....	27
5.2.2 Pretočne greznice.....	27
5.2.3 Biološke čistilne naprave (BČN) .....	28
5.2.4 Lagune .....	29
5.2.5 Rastlinske čistilne naprave (RČN).....	30
<b>6 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>32</b>
<b>7 VIRI IN LITERATURA</b> .....	<b>34</b>



## **KAZALO SLIK**

Slika 1: Postopki čiščenja odpadnih vod .....	15
Slika 2 :Količina prečiščene odpadne vode po statističnih regijah, Slovenija .....	25
Slika 3: Biološka čistilna naprava .....	29
Slika 4: Prerez rastlinske čistilne naprave .....	30

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Odpadne vode po viru onesnaženja na 1000 m <sup>3</sup> .....	7
Preglednica 2: Vsebnost trdnih snovi v komunalni odpadni vodi .....	11
Preglednica 3: Mejne vrednosti parametrov odpadne vode iz MKČN.....	12
Preglednica 4: Mejne vrednosti dušika pri terciarnem čiščenju.....	12
Preglednica 5: Odpadne vode po mestu izpusta, Slovenija.....	22

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: Odpadna voda glede na vrsto vode, Slovenija .....	23
Grafikon 2: Odpadne vode po stopnjah čiščenja v Sloveniji .....	24

## 1 UVOD

### 1.1 Opredelitev področja in opis problema

Voda, kot dragocena dobrina, je nujno potrebna za življenje in zdravje. Pokriva 70 % zemeljske površine. Na kopenskem površju so (po izrazju Zakona o vodah) površinske in podzemne vode.

Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje je Slovenija bogata z vodami, čeprav niso enakomerno prostorsko razporejene. Vodne površine v Sloveniji pokrivajo okoli 272 km<sup>2</sup> (ARSO).

Poraba vode iz leta v leto narašča, kar predstavlja resen in zaskrbljujoč problem. Velik del je porabimo v gospodinjstvih.

Največji porabniki in hkrati največji onesnaževalci so v industriji, prometu, intenzivnem kmetijstvu in v drugih gospodarskih panogah. Voda, ki se porabi v gospodinjstvu, se zavrže kot odpadna voda. Ponekod v Sloveniji se odpadne vode še vedno neprečiščene stekajo v vodna telesa (potoke, reke, jezera) in pri tem onesnažujejo tako površinske kot podzemne vode. Podzemna voda je glavni vir pitne vode, zato je potrebno iskati možnosti, ki bi nam pomagale ohraniti njeno trajnost. Umno gospodarjenje z vodami je tako nujno potrebno za zagotavljanje ustreznih življenjskih pogojev.

Odvajanje in čiščenje odpadne vode je le del izboljševanja okolja zaradi onesnaževanja, ki nastane v urbanem okolju, kmetijstvu ali industriji. S postopki čiščenja odpadne vode moramo zagotoviti, da se vse onesnažene odpadne vode očistijo do te mere, da dolgoročno nimajo negativnega vpliva na vodo, tla, rastline, zrak in okolje, v katerem živimo (Roš, 2002).

Čiščenje odpadnih voda je sestavni del varstva okolja in odgovorno ravnanje z njim v prihodnosti in le zakonska obveza, temveč ena od prednostnih nalog trajnostno sonaravnih virov.

Lani so iz javne kanalizacije odvedli 183,2 milijona m<sup>3</sup> odpadnih voda, kar je 2,6 % več kot leta 2013. Količina prečiščenih izpuščenih voda iz javne kanalizacije pa je na letni ravni narasla za 19,5 %, kar kažejo podatki državnega statističnega urada.

Večina odpadnih voda (88 %) je bilo prečiščenih v čistilnih napravah, 12 % pa je ostalo neprečiščenih. Od skupno 10,7 milijona m<sup>3</sup> neprečiščenih odpadnih voda jih je bilo skoraj 65,6 % neposredno izpuščenih v površinske vode, približno 34,4 % pa v podzemne vode.

### 1.2 Osnovne trditve, namen, cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je predstaviti presek stanja čiščenja odpadnih voda v Sloveniji. Cilji diplomskega dela so predvsem:

- povzeti zakonodajo na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda in opisati namen in Cilje Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode;
- opredeliti odpadno vodo in vire komunalnih odpadnih voda;

- podrobneje opisati fizikalne, kemijske in biološke lastnosti odpadne vode predstaviti možne postopke čiščenja komunalne odpadne vode;
- podrobneje opisati vrste komunalnih čistilnih naprav.

### **1.3 Hipoteze**

Izhajali bomo iz naslednjih hipotez.

- Odstotek izpusta komunalnih odpadnih voda se z leti povečuje.
- Največji vir odpadne vode so gospodinjstva.
- Onesnaženje vode povzroča človek s svojo dejavnostjo.
- Onesnažena voda ima velike posledice na človekovo zdravje.
- Anaerobno čiščenje zadošča za čiščenje odpadne vode.
- Biološke čistilne naprave nadomeščajo klasične greznice v vseh pogledih.
- Lagune so čistilne naprave z naravnimi procesi čiščenja, njihov čas čiščenja pa je krajši oziroma enak kot v ostalih čistilnih napravah.

Pri pisanju diplomske naloge se bomo srečali z omejitvijo, to pa je nedostopnost in zastarelost nekaterih statističnih podatkov v zvezi z odpadnimi vodami.

### **1.4 Predvidene metode dela diplomske naloge**

Pri izdelavi diplomske naloge z naslovom »Stanje čiščenja odpadnih voda v Sloveniji« bomo uporabili različne metode:

- metodo abstrakcije,
- metodo analize in sinteze,
- metodo deskripcije,
- statistično metodo,
- grafično metodo in,
- metodo kompilacije.

Z analizo bomo razčlenili predmet raziskovanja, z abstrakcijo pa razložili tiste komponente, ki bodo bistvene za obravnavo problema. S sintezo bomo obravnavane komponente ponovno povezali in prikazali logistiko pri distribuciji vode.

Naloga bo dopolnjena s konkretnim praktičnim primerom, s katerim bomo prikazali rešitev zadanega problema, kot so zmanjšanje odpadnih voda, izboljšanje.

Empirični del diplomske naloge bo tako temeljil na analizi sekundarnih podatkov, in sicer različnih poročil oziroma analiz iz leta 2014 in 2015. Na spletu pridobljene podatke bomo zbrali in jih prikazali v obliki grafov in tabel.

## 2 ZAKONODAJA O VODAH IN STRATEGIJA

Slovenska zakonodaja je vezana na zakonodajo Evropske unije. Njen osnovni dokument je tako imenovana vodna direktiva (EU Framework Directive), ki je bila nazadnje posodobljena decembra 2000 (Žinko, 2009).

### 2.1 Zakonodaja EU o vodah

Zakonodaja Evropske unije daje smernice in zakone, ki se jih naša država mora držati, odkar je članica Evropske unije (Žinko, 2009).

- Urban Waste Water Directive (91/271/EEC, 98/15/EC) (Direktiva Sveta ES 91/271/EEC);
- Water Framework Directive (Direktiva Parlamenta in Sveta ES 2000/60/ES);
- Drinking Water Directive (80/778/EEC) z dodatki (81/858/EEC), (90/656/EEC), (91/692/EEC) (ES 98/83/EEC) (Direktiva Sveta ES 98/83/EEC);
- Surface Water for the Abstraction of Drinking Water (75/440/EEC) z dodatki (79/869/EEC), (90/656/EEC), (91/692/EEC) (Direktiva Sveta ES 75/440/EEC);
- Bathing Water (76/160/EEC) z dodatkom (90/656/EEC) (Direktiva Sveta ES 76/160/EEC);
- Dangerous Substances to the Aquatic Environment (76/464/EEC) z dodatki (90/656/EEC), (91/692/EEC);
- List on Substances (86/280/EEC) z dodatki (88/347/EEC), (90/415/EEC);
- Nitrates Directive (92/43/EEC) Habitats Directive (92/43/EEC);
- Shellfish Directive (79/923/EEC) z dodatkom (91/692/EEC);
- Fish Water Directive (78/659/EEC);
- Ground Water (80/68/EEC) z dodatki (90/656/EEC), (91/692/EEC).

### 2.2 Zakonodaja o vodah v Sloveniji

Najpomembnejši predpis na področju varstva voda in gospodarjenje z vodami v EU je Vodna direktiva, ki je bila sprejeta leta 2000. Vodna direktiva je bila z različnimi predpisi prenesena v slovenski pravni red. Najpomembnejša predpisa sta Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 76/02) in Zakon o varstvu okolja s podzakonskimi akti Poleg teh dveh zakonov sta pomembna tudi Zakon o gospodarskih javnih službah (Uradni list RS, št. 32/93) in Zakon o prostorskem načrtovanju (Uradni list RS, št. 33/07, 208/09).

Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 41/04, 20/06, 39/06, 70/08, 108/09, 48/12, 57/12, 92/13) ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem, kar je temeljni pogoj za trajnostni razvoj. V tem okviru torej določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, sprejemanje stanja okolja in informacij o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga vprašanja, povezana z varstvom okolja.

Na podlagi Zakona o varstvu okolja je bilo od leta 2004 do danes sprejetih že precejšnje število podzakonskih predpisov:

- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Ta predpis določa mejne vrednosti emisije toplote v vodi, vrednotenje teh emisij, prepovedi, omejitve in druge ukrepe zmanjševanja emisije snovi (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14).
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav, ki določa za komunalne čistilne naprave mejne vrednosti parametrov odpadne vode,

mejne vrednosti učinkov čiščenja odpadne vode, posebne ukrepe v zvezi z načrtovanjem in obratovanjem komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 97/07, 30/10, 98/15).

- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (v nadaljevanju MKČN) določa mejne vrednosti parametrov odpadne vode, posebne ukrepe v zvezi z odvajanjem odpadne vode iz MKČN glede na občutljivost vodnega okolja in posebne zahteve v zvezi z nadzorom obratovanja MKČN in izvajanjem prvih meritev in obratovalnega monitoringa emisij MKČN (Uradni list RS, št. 45/07, 63/09, 105/10).
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda določa vrste onesnaževanja, za katere se plačuje okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, osnovo za obračun okoljske dajatve, prejemnike okoljske dajatve in zavezance za plačilo posamezne vrste okoljske dajatve (Uradni list RS, št. 80-3131/2012).

### 2.3 Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode

Država je za potrebe ureditve področja odvajanja in čiščenja komunalnih vod sprejela Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017). To za vsa poselitvena območja v Sloveniji natančno opredeljuje, kakšno komunalno infrastrukturo je na tem področju potrebno zgraditi in do kdaj.

Cilj operativnega programa so:

- izvedba javne kanalizacije na območjih iz osnovnega programa v predpisanih rokih in v skladu s tehničnimi ter okoljskimi standardi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode;
- izvedba javne kanalizacije na območjih dodatnih stopenj operativnega programa, kjer je to tehnično-tehnološko in ekonomsko upravičeno do leta 2017 in v skladu s tehničnimi ter okoljskimi standardi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode;
- izvedba individualnih rešitev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za posamezne stavbe, za katere javna kanalizacija ni predpisana in ne bo zgrajena do leta 2017 oziroma do leta 2015 na območjih s posebnimi zahtevami, v skladu s tehničnimi ter okoljskimi standardi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode ([www.Okolje.arso.gov.si](http://www.Okolje.arso.gov.si) z dne 25.6.2016)

Poleg zgoraj naštetih zakonov, uredb s področja odpadnih voda in Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017) poznamo še nekaj pravilnikov, ki so vezani na odpadne vode:

- Pravilnik o nalogah, ki se izvajajo v okviru obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode (Uradni list RS, št. 109/07, 33/08),
- Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode (Uradni list RS, št. 105/02, 50/04). Ta pravilnik določa zahteve odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske vode, ki morajo biti izpolnjene pri opravljanju storitev obvezne občinske javne službe in čiščenja komunalne in padavinske vode,
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS, št. 74/07). Ta pravilnik določa vrste parametrov odpadnih vod, ki so predmet prvih meritev ter obratovalnega monitoringa odpadnih

vod (emisijski monitoring), metodologijo vzorčenja in merjenja parametrov in količin odpadnih vod, vsebino poročila o prvih meritvah in emisijem monitoringu ter način in obliko sporočanja podatkov ministru, pristojnemu za varstvo okolja. Pravilnik določa tudi pogoje, ki jih mora izpolnjevati oseba, ki izvaja prve meritve.

Z letom 2016 je začela veljati nova Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne vode (Uradni list RS, št. 98/15). Glavne novosti, ki jih ta zakon prinaša so:

- lastnikom greznic na območju, kjer ni javne kanalizacije in ta ni predvidena, ni več potrebno do konca leta 2017 preurediti obstoječih greznic v male komunalne čistilne naprave. Obstoječi lastniki greznic morajo preurediti svoje greznice najkasneje ob prvi rekonstrukciji objekta, medtem ko še vedno velja, da morajo vsi lastniki novogradenj na teh območjih vgraditi MKČN;
- lastnik objekta, ki odvaja komunalno odpadno vodo brez predhodnega čiščenja (neposredno v okolje – brez greznice) mora zagotoviti odvajanje in čiščenje odpadne vode skladno z uredbo o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode najpozneje do 31. decembra 2021. To velja tudi za lastnike objekta, kjer obstoječa ureditev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode ni skladna s predpisi, ki so veljali v času gradnje njegovega objekta;
- v primeru novogradnje ali rekonstrukcije objekta se lahko vgradi MKČN ali pretočna greznica z obvezno nadgradnjo, predpisano v uredbi (ponikanje, filtriranje);
- še vedno velja, da je na območjih, kjer je zgrajena javna kanalizacija, priključitev nanjo obvezna v roku 6 mesecev po pridobitvi uporabnega dovoljenja;
- nepretočne greznice so dovoljene le v izjemnih primerih – vodovarstvena območja ([www.vo-ka-celje.si](http://www.vo-ka-celje.si), 25.6.2016).

### 3 OPREDELITEV ODPADNE VODE

#### 3.1 Odpadne vode in viri odpadnih voda

Odpadne vode so tekoči iztoki, ki nastajajo iz različnih virov, kot so industrija, gospodinjstva kmetijstvo in padavine. V osnovi je odpadna voda tok uporabljene vode iz naseljenega območja, kmetije ali industrije. Narava odpadne vode vključuje fizikalne, kemijske in biološke lastnosti, ki so odvisne od uporabe vode v naseljih, prispevka industrije in trgovine, vremena in infiltracije tako imenovanih tujih vod (Roš, Simonič, 2010).

Odpadna voda je voda, ki se po uporabi ali odvaja v javno kanalizacijo ali v vode. Odpadna voda je lahko:

- komunalna odpadna voda,
- industrijska odpadna voda in
- padavinska odpadna voda.

V pravilniku o čiščenju in odvajanju odpadnih voda sta pojasnjena pojma padavinska in industrijska odpadna voda. Padavinska odpadna voda je voda, ki se kot posledica meteornih padavin odvaja iz utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin, ki sicer niso same po sebi onesnažene, vendar se z izpiranjem cest in drugih površin onesnažijo.

Industrijska odpadna voda je voda, ki nastaja predvsem po uporabi v industriji, obrtni ali obrti podobni dejavnosti, gospodarski ali kmetijski dejavnosti in po nastanku ni podobna komunalni odpadni vodi. Za industrijsko odpadno vodo se šteje tudi zmes industrijske odpadne vode s komunalno in padavinsko odpadno vodo ali z obema, če se pomešane vode po skupnem iztoku odvajajo v kanalizacijo ali neposredno v vode. Med industrijsko odpadno vodo spadajo tudi hladilne vode in tekočine, ki se zbirajo in odtekajo iz objektov in naprav za predelavo, skladiščenje ali odlaganje odpadkov.

V nadaljevanju so prikazani podatki odpadne vode po viru onesnaženja na 1000 m<sup>3</sup> od leta 2013 do 2015

#### Preglednica 1: Odpadne vode po viru onesnaženja, v 1000 m<sup>3</sup> (Vir: Statistični urad RS)

Vir	2013	2015	2016
iz kmetijstva, gozdarstva, ribištva	314	430	212
iz predelovalnih dejavnosti	12.110	10.420	9.913
iz oskrbe z električno energijo	/	/	227
iz gradbeništva	94	114	/
iz drugih dejavnosti	18.772	10.712	11.490
iz gospodinjstev	64.451	68.727	63.793
druge odpadne vode	92.752	92.766	76.754
SKUPAJ	<b>178.706</b>	<b>183.285</b>	<b>162.540</b>

## 3.2 Komunalne odpadne vode

Komunalna odpadna voda je voda, ki nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjskih opravilih.

Je tudi voda, ki nastaja v stavbah v javni rabi ali pa kakršnikoli dejavnosti, če je po nastanku in sestavi podobna vodi po uporabi v gospodinjstvu.

Nastaja pa tudi kot industrijska odpadna voda v proizvodnji, v storitveni ali drugi dejavnosti ali mešanica te odpadne vode s komunalno ali padavinsko odpadno vodo, če je po naravi ali sestavi podobna odpadni vodi po uporabi v gospodinjstvu. Njen povprečni dnevni pretok ne sme presegati 15 m<sup>3</sup>/dan, njena letna količina pa ne 4000 m<sup>3</sup>. Obremenjevanje okolja zaradi njenega odvajanja ne sme presegati 50 PE, letna količina nevarnih snovi pa ne sme presegati količine nevarnih snovi, določene s predpisom države (Roš, 2001).

Običajna komunalna voda vsebuje približno 1 % raztopljenih in neraztopljenih snovi, ostalo je voda (Roš, 2001). Komunalne odpadne vode navadno vsebujejo neraztopljene delce, organske snovi, povzročitelje gnitja (hranila, dušikove in fosforjeve spojine itd.). Te snovi ob izlivu v naravne vode povzročajo nastajanje usedlin in pomanjkanje kisika zaradi oksidacije organskega onesnaženja. Prebitki dušika in fosforja pa posledično povzročijo sekundarno onesnaženje, pospremljeno z bohotenjem alg in višjih vodnih rastlin, ki dodatno prispevajo k pomanjkanju kisika v vodi – eutrofikacija (Premzl, 2001).

Komunalna odpadna voda vsebuje tudi trdne delce (ostanke hrane, kavne usedline, maščobe, jajčne lupine in druge trdne ali zmlate odpadke), ki mašijo hišne kanalizacije, se usedajo na dno in povzročajo gnitje, mašijo cevi, posledično pa ustvarjajo tudi pogoje za razmnoževanje podgan.

Odpadne vode iz gospodinjstva so vedno bolj onesnažene tudi zaradi uporabe čistil in pralnih praškov, zato jih ni dovoljeno odvajati neposredno v naravno okolje (Komunala Tolmin, 2011).

Glavni vir onesnaženja v komunalnih odpadnih vodah so človeški izločki, manjši delež predstavljajo odpadki iz priprave hrane, osebne higiene, higiene prostorov in ostalih pritiklin.

## 3.3 Lastnosti odpadnih voda

### 3.3.1 Onesnaževanje odpadnih voda

Onesnaževanje odpadnih vod lahko razdelimo na naravno in antropogeno onesnaževanje. Naravno onesnaženje povzroča narava s svojim spreminjanjem. Tako nastaja onesnaženje zaradi odpadnega listja, raztapljanja določenih kamnin, prek katerih teče voda, in ne nazadnje onesnaženje z zemljino, ki ga povzroča močno deževje.

Antropogeno onesnaženje je tisto, ki ga povzroča človek s svojimi dejavnostmi, tako v naseljih (komunalne odpadne vode) kot z intenzivnim kmetijstvom (kmetijske odpadne vode) ali industrijo (industrijske odpadne vode). Tako najdemo v odpadni vodi fizikalne, kemijske in biološke sestavine (Roš, Simonič, Šoštar Turk, 2005).



### 3.3.2 Fizikalne lastnosti odpadnih voda

K fizikalnim lastnostim odpadne vode prištevamo temperaturo, barvo, vonj, motnost, spreminjanje pretoka, el. prevodnost in usedljivost. Vzdrževalec čistilne naprave lahko na preprost način opazuje te lastnosti in s tem dobi hitre informacije o vtoku, iztoku in delovnih razmerah v čistilni napravi (Roš, 2001).

#### Temperatura in z njo povezani procesi

Značilna odpadna voda je včasih toplejša kot običajna vodovodna voda, ker vsebuje segreto vodo iz bivališč in drugih virov. Odpadno vodo vodimo po dolgih kanalih, ki so vkopani pod zemljo, v čistilno napravo, pri čemer se temperatura odpadne vode približa temperaturi zemlje. Zato poletne temperature odpadne vode presegajo zimske. Srednja letna temperatura je med 10 °C in 20 °C.

Na splošno je hitrost bioloških procesov odvisna od temperature. Pri naraščanju temperature mikroorganizmi pospešijo razgradnjo organskih snovi in porabo kisika v odpadni vodi. Reakcijska hitrost razgradnje se na vsakih 10 °C povišanja temperature podvoji, dokler pri visokih temperaturah ne doseže zaviranja biološke aktivnosti. Vzdrževalec čistilne naprave mora biti pozoren na velike temperaturne spremembe med poletnim in zimskim obdobjem, ker te spreminjajo aktivnost mikroorganizmov (Roš, Simonič, Šoštar Turk, 2005).

Optimalna temperatura za bakterijsko aktivnost v aerobnih čistilnih napravah je v območju 25-35 °C. Aerobni razkroj deluje do temperature 65 °C, nitrifikacija pa se popolnoma ustavi, ko se temperatura dvigne na 40 °C. Ko temperatura pade na okoli 15 °C, postanejo metanogene bakterije (pri anaerobnem čiščenju) neaktivne, pri 5 °C pa avtotrofne nitrifikacijske (aerobni pogoji) popolnoma prenehajo delovati. Pri 2 °C celo kemoheterofne bakterije, ki delujejo na ogljikove spojine, praktično prenehajo delovati (Roš, Zupanič, 2010).

#### Barva in vonj

Barva in vonj sta močno odvisna od vrste in starosti odpadnih voda. Surova komunalna odpadna voda je svetlo rjavkasto sive barve. Po določenem času, ko teče po kanalizacijskem sistemu, postaja temno siva, če pa so v sistemu anaerobni pogoji, lahko postanejo sivo črne barve, ki jo povzročijo sulfidi (Roš, Zupanič, 2010).

Vonj komunalne odpadne vode določajo plini, ki nastajajo pri razgradnji organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Sveža odpadna voda ima značilen neprijeten vonj, ki je manj neprijeten od vonja odpadne vode, ki je bila izpostavljena anaerobnim pogojem (pogojem brez prisotnosti kisika). Najbolj značilna povzročitelja vonja sta sečnine in segnite (septične) odpadne vode ter vodikov sulfid (Roš, Zupanič, 2010).

#### Motnost

Motnost, merjena s turbidimetrom, kaže na prisotnost finihsuspendiranih snovi v odpadni vodi, predvsem na nizko koncentracijo trdnih snovi. Motnost ni neposredno sorazmerna s koncentracijo suspendiranih snovi, ker lahko nanjo vplivata tudi velikost delcev in barva. Motnost je pomembna predvsem v iztoku iz čistilne naprave, kjer lahko zaznavamo povečane koncentracije suspendiranih snovi (Roš, 2001).

### Spreminjanje pretoka

Količina odpadne vode iz komunalnega vira niha med dnevom, tednom, sezono in letom. Nihanje dnevnega pretoka je odvisno od velikosti kanalizacijskega sistema. Na splošno je tako, da čim manjši je kanalizacijski sistem, tem večja so nihanja.

Z merjenjem pretoka določimo količino pretečene odpadne vode na enoto časa. Podatke potrebujemo za izračunavanje bremena onesnaženja, ki ga povzroča prebivalstvo, industrija ali kmetijstvo (Roš & Zupanič, 2010).

### Električna prevodnost

Prevodnost kaže na prisotnost raztopljenih in disociranih snovi. Odpadna voda ima normalno območje prevodnosti, ki je neposredno povezano s koncentracijo raztopljenih snovi v vodovodni vodi. Večje povečanje prevodnosti v odpadni vodi ima običajno vzrok v nenormalnih izpuštih, zelo verjetno iz industrijskih virov (Roš, Simonič, Šoštar Turk, 2005).

### Usedljivost

Trdne snovi v odpadni vodi običajno razvrstimo v raztopljene, koloidne in plavajoče. Le-te prištevamo v isto skupino, znano kot neusedljive snovi (Roš, Simonič, Šoštar Turk, 2005). Če se del snovi pri mirovanju vode useda, jih imenujemo usedljive snovi. Usedljivost merimo z enournim ali s 30-minutnim preskusom usedanja (Roš, 2001).

## 3.3.3 Kemijske lastnosti odpadnih voda

Kemijske analize odpadne vode in internih procesnih tokov, dajo širok obseg informacij glede na lastnosti odpadne vode in potrebne pogoje procesov čiščenja. Ta preskrbi informacije o koncentraciji specifičnih snovi, za katero so zahtevani testi. Ta informacija, predvsem če je povezana s pretokom, nudi osnovo za izračun mase bremena in dopusti upravljavcu kontrolo procesov čiščenja.

S kemijsko analizo določimo naslednje parametre: pH, alkaliteto, suspendirane (trdne) snovi, topne snovi, biokemijsko potrebo po kisiku v 5 dneh (BPK<sub>5</sub>), kemijsko potrebo po kisiku (KPK), dušikove spojine, fosforjeve spojine, klor, sulfid, maščobe in olja, strupenost ter nekatere specifične polutante (onesnaževala), ki lahko povzročijo strupenost (Roš, 2001).

### pH

pH je merilo za kislost in alkalnost vodne raztopine. Območje pH skale pri 25 °C je od 1 do 14, nevtralno področje ima pH 7. Raztopine, ki imajo pH pod 7, so kisle, tiste, ki imajo pH vrednost nad 7, pa so alkalne. pH je zelo pomemben pri biološkem čiščenju, ker ostanejo mikroorganizmi dovolj aktivni samo v ožjem območju pH (med 6,5 in 9). Zunaj tega območja se biološka aktivnost lahko zavira ali celo ustavi. Reakcije nitrifikacije so posebej občutljive na pH. Biološka aktivnost aktivnega blata v prezračevalniku čistilne naprave pri pH pod 6 pri neadaptiranih razmerah se zmanjša skoraj do ničle (Roš, 2001).

### Alkaliteta

Alkaliteta je merilo sposobnosti odpadne vode, da nevtralizira kislino. V odpadni vodi preprečuje spremembe vrednosti pH, ki jih povzročajo dodatki ali nastajanje kislin. Odpadna voda je običajno alkalna, ker sprejema svojo alkaliteto iz vodnih virov, podtalnice in dodatkov, ki pridejo v odpadno vodo med domačo rabo vode (Roš, Simonič, Šoštar Turk, 2005).

### Trdne snovi

Z vidika kemijske analize delimo trdne snovi v različne funkcije. Določanje različnih velikosti trdnih snovi in njihovih koncentracij zagotovi uporabne podatke za karakterizacijo odpadne vode in kontrolo čiščenja.

Celotne trdne snovi lahko razdelimo v suspendirane in raztopljene. Vsako od teh skupin lahko nadalje razdelimo v njihovo hlapno in fiksno frakcijo (prav tam). Vrednosti za hišno odpadno vodo so prikazane v preglednici št. 1.

### **Preglednica 2: Vsebnost trdnih snovi v komunalni odpadni vodi (Vir: Roš, Simonič, Šoštar Turk, 2005)**

Razvrstitev trdnih snovi	Visoka koncentracija (mg/l)	Srednja koncentracija (mg/l)	Nizka koncentracija (mg/l)
<b>CELOTNE TRDNE SNOVI</b>			
celotne	1200	700	350
fiksne	600	350	175
hlapne	600	350	175
<b>SUSPENDIRANE SNOVI</b>			
celotne	350	200	100
fiksne	75	50	30
hlapne	275	150	70
<b>RAZTOPLJENE SNOVI</b>			
celotne	850	500	250
fiksne	525	300	145
hlapne	525	200	105

### Biokemijske potrebe po kisiku v 5 dneh (BPK<sub>5</sub>)

Biokemijska potreba po kisiku je množina kisika, potrebna za oksidacijo razgradljivih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki so v vzorcu. Izraz »razgradljiv« pomeni, da lahko organske snovi, ki so bakterijam za hrano, pri oksidaciji oksidirajo v ogljikov dioksid in vodo. Z biokemijsko potrebo po kisiku določimo onesnaženje v obliki kisika, ki ga mikroorganizmi porabijo pri razgradnji za svoje razmnoževanje, obstoj in oksidacijo BPK (pet oziroma sedem dni) (prav tam).

### Kemijska potreba po kisiku (KPK)

Določanje KPK zagotovi hitro oceno vsebnosti celotne organske snovi v vzorcu (biološko razgradljive in nerazgradljive). Ta postopek, katerega osnova je kemijska oksidacija, nam da rezultat v 3-4 urah namesto v petih dneh. Rezultati KPK so običajno višji od BPK<sub>5</sub>.

To je pomemben parameter industrijskih odpadnih voda in industrijskih odplak ter ga lahko določamo z različnimi metodami. Organske nečistoče določamo tako, da jih pri določenih pogojih oksidiramo in iz porabe oksidanta sklepamo na količino organskih snovi.

KPK lahko določamo s standardizirano klasično metodo (razklop in titracija), lahko pa uporabimo tudi hitri test (razklop, spektrofotometrična detekcija), pri katerem dobimo rezultate hitreje, bolj enostavno in z manjšo količino uporabljenega vzorca in kemikalij.

Preglednica 3: Mejne vrednosti parametrov odpadne vode iz male komunalne čistilne naprave

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost
KPK	O <sub>2</sub>	mg/l	150
BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg/l	30

Vir: Uradni list RS, št. 10/99

### Dušikove spojine

V odpadni vodi se dušik pojavlja v štirih oblikah: organski dušik, amonijev dušik, nitrit in nitrat. Oblike dušika v odpadni vodi kažejo na nivo stabilizacije (mineralizacije) organskih snovi.

Spremembe in porazdelitev dušika lahko dajejo odlično informacijo o pogojih, pri katerih poteka proces v posameznem delu čistilne naprave. Naraščajoča koncentracija amonija med primarnim usedanjem je pogosto znak za razvoj septičnih razmer zaradi kopičenja odvečnega blata. Naraščanje nitrita in nitrata pri iztoku iz sekundarnega usedalnika označuje nitrifikacijo.

Preglednica 4: Mejne vrednosti dušika pri terciarnem čiščenju

Parameter	Izražen kot	Enota	Zmogljivost čistilnih naprav izražena v PE		
			>=2.000<10.000	>=10.000<100.000	<=100.000
Celotni dušik	N	mg/l	15	15	10
Učinek čiščenja celotnega dušika		%	70	70	80

Vir: Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (UL RS, št. 45/2007, 63/2009, 105/2010).

Fosfor se pojavlja v odpadni vodi v različnih oblikah in služi kot osnovni element za biološko rast in reprodukcijo. Čezmerna množina fosforja v površinskih vodah vodi do prekomerne rasti alg in eutrofikacije. Zaradi tega imajo čistilne naprave predpisane mejne vrednosti fosforja v iztoku (prav tam). Komunalna odpadna voda vsebuje med 4 in 16 mg/l fosforja (Roš, Zupanič, 2010).

### 3.3.4 Biološke lastnosti odpadnih voda

Glavne skupine mikroorganizmov, ki jih najdemo v odpadnih vodah so: bakterije, praživali, glive, mikroskopske rastline, živali ter virusi. Večina mikroorganizmov (praživali, bakterije) je odgovorna in koristna za procese biološkega čiščenja odpadnih vod.

Indikatorske bakterije – patogeni organizmi se običajno pojavijo zaradi človeških izločkov iz prebavnega trakta in se izpuščajo v odpadno vodo. Bolezni, ki jih dobimo z vodo, so kolera, tifus, paratifus, diareja in griža. Običajno je število patogenih organizmov v odpadni vodi majhno, zato jih je težko izolirati in diferencirati (Roš, Zupančič, 2010).

Mnogo avtorjev (Eaton in sod., 2005; Frennd, 2003; Rand, 1995) je mnenja, da tradicionalni pristop k ocenjevanju odpadnih voda s fizikalno kemijskimi analizami ne pove dovolj. Zaradi potrebe po ovrednotenju vpliva odpadnih snovi (npr. izcedne vode) na žive organizme in okolje se uporabljajo različni testi strupenosti, s katerimi vrednotimo strupenost na testnih organizmih. S testom strupenosti želimo poiskati zvezo med dozo (koncentracijo) določene substance in odzivom organizma. Učinki preiskovalnih snovi na organizem so lahko pozitivni ali negativni.

## 4 ČIŠČENJE ODPADNIH VODA

Osnovni cilj čiščenja odpadnih vod je, da:

- pretvorimo odpadne snovi, prisotne v odpadni vodi, v stabilne oksidirane končne produkte, ki jih lahko varno odvajamo v površinske vode ali zrak brez kakršnihkoli škodljivih učinkov na okolje;
- zaščitimo javno zdravje;
- poskrbimo, da bo odpadna voda učinkovito odstranjena na regularen način, brez motenj ali kršitev predpisov;
- recikliramo in pridobimo nazaj koristne sestavine odpadne vode;
- poskrbimo za varčen postopek odstranjevanja odpadne vode;
- se podredimo zakonskim standardom (predpisom) in zagotovimo ustrezno odvajanje voda (Roš, Zupanič, 2010).

Čiščenje odpadne vode je kombinacija ločenih procesov čiščenja, ki so dimenzionirani za pridobivanje iztoka določene kakovosti, iz odpadnih vod, znane kakovosti in pretoka. Čistilna naprava je običajno potrebna tudi za ločevanje suspendiranih snovi do ustrezne stopnje. Z ustrezno kombinacijo teh procesov je možno pridobiti končni iztok dejanske kakovosti kateregakoli parametra odpadne vode. Medtem ko lahko čiščeno odpadno vodo uporabljamo za ponovno napajanje podtalnice ali celo za ponovno uporabo, se običajno izliva v površinske vode glavne reke (prav tam).

Pri uspešnem čiščenju je pomembna ustrezna sestava odpadnih voda. Njihova temperatura mora biti nižja od 30 °C, vrednost pH mora biti med 7 in 8. Procese razkroja ovirajo strupene snovi, ki jih vsebuje odpadna voda.

### 4.1 Samočistilna sposobnost vode

K preprečevanju negativnih posledic onesnaževanja površinskih vod s hranili prispeva samočistilna sposobnost rek. Vode imajo v naravnih strugah samočistilno sposobnost zaradi različnih materialov, ki služijo kot mehanski filter, poleg tega pa s pomočjo mikroorganizmov organske snovi razgradijo v anorganske.

Organizmi v vodi razgradijo odmrlo organsko snov na osnovne elemente oziroma mineralne spojine, ki jih nato rastline lahko upravljajo kot hrano in vgradijo v svoja telesa. Njihov učinek je odvisen od fizikalnih dejavnosti, kot so hitrost oziroma pretočnost reke, razmerja med rečno in odpadno vodo, temperature in globine vode, trajanje osončenosti, velikost delcev ...

Samočiščenje odpadne vode v odvodniku lahko razdelimo na:

- mehansko čiščenje;
- kemijsko čiščenje;
- fizikalno-kemijsko čiščenje;
- biološko čiščenje in napredno čiščenje (Roš, 2010).

Fizikalnih procesov je več vrst (kot je prikazano na sliki št. 1):

- redčenje – onesnažena voda se premeša z rečno vodo – ta proces je učinkovitejši, če je tok vode hitrejši in vrtinčast;
- sedimentacija – trdni delci se sčasoma usedejo na rečno dno;

- filtracija – voda se giblje skozi pesek in mivko na rečnem dnu, s čimer se lebdeči delci v vodi prestrezajo;
- prezračevanje – raztapljanje plinov iz zraka, zlasti kisika, ki ga vodni organizmi potrebujejo za življenje, odvisno je od temperature, zračnega pritiska in od raztopljenih snovi v vodi;
- drobljenje;
- raztapljanje.

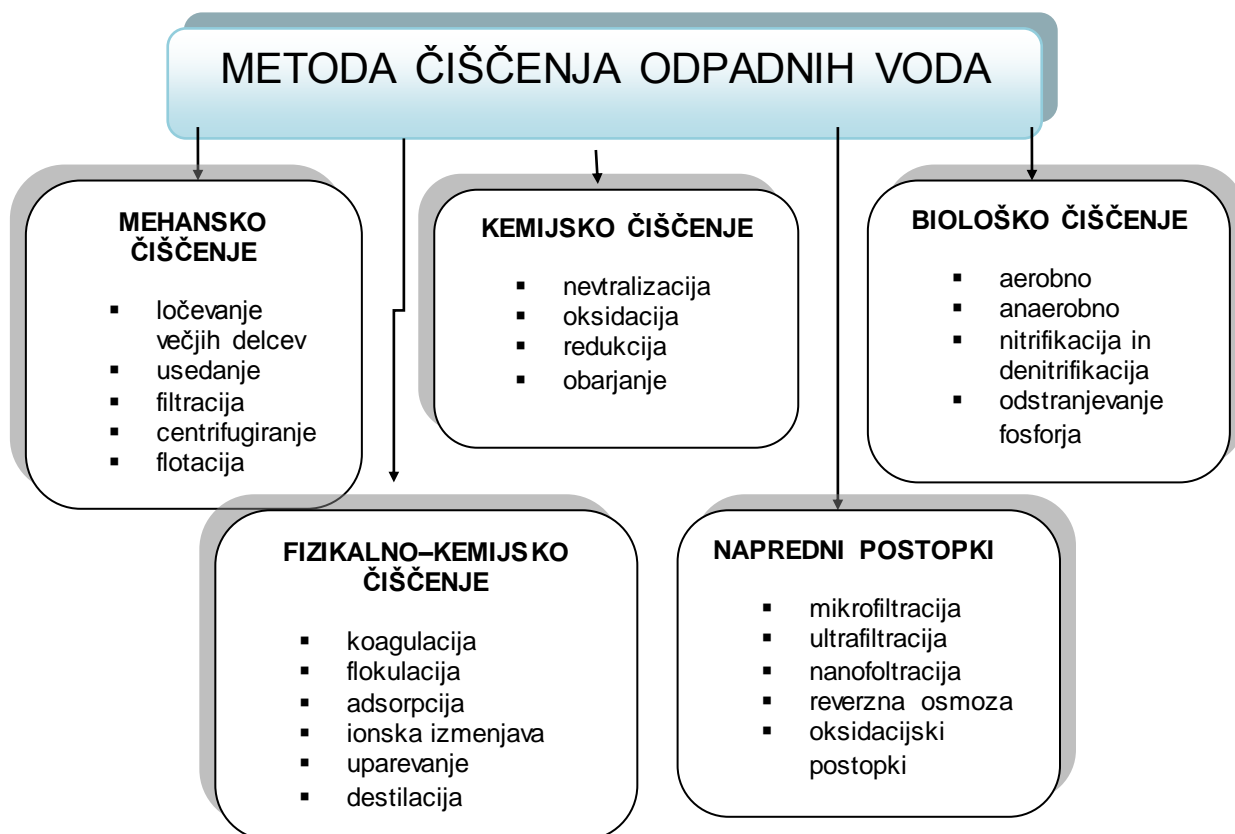
Kemijske procese predstavljata predvsem oksidacija in redukcija, ki pomembno prispevata k razgradnji odmrle organske snovi, pri tem pa pomagajo še drugi procesi, kot npr. fotoliza, hidroliza, adsorpcija in absorpcija (Vahtar, Zdešar, 2005).

V današnjem času se je povečala onesnaženost vodotokov zaradi večjega števila prebivalcev, razvoja industrije in kmetijstva. Posegi v vodotoke, melioracije in regulacije so dodatno zmanjšali ali uničili samočistilno sposobnost.

Biološke čistilne naprave v bistvu posnemajo procese čiščenja v naravi, vendar so s posebnimi tehnologijami narejene tako, da so ti procesi hitrejši in bolj intenzivni.

## 4.2 Napredni postopki čiščenja

Postopek različnih procesov posameznih vrst čiščenja so prikazani na sliki št. 1.



Slika 1: Postopki čiščenja odpadnih vod (Roš, 2001)

### 4.3 Primarno, sekundarno in terciarno čiščenje

Pri čiščenju odpadnih voda v komunalnih čistilnih napravah ločimo tri stopnje tehnoloških postopkov za doseganje ustrezne kvalitete iztoka. To so:

- primarna stopnja čiščenja – mehansko čiščenje;
- sekundarna stopnja čiščenja – biološko čiščenje;
- terciarna stopnja čiščenja – odstranjevanje hranil (Gradbeniški priročnik, 2012).

Primarna stopnja čiščenja komunalne odpadne vode zajema procese predčiščenja in mehanskega ter kemičnega čiščenja. Zaradi morebitne vsebnosti peska, maščob ali drugih naplavin je potrebno komunalno odpadno vodo najprej mehansko predčistiti. Po definiciji je predčiščenje proces, ki pripravi komunalno odpadno vodo v takšno stanje, da se potem lahko očisti z biološkimi postopki čiščenja (Dolenc, 2004).

Naloga te stopnje je tudi zadrževanje morebitnega peska ali proda in večjih količin maščobe. Če bi te vsebine prišle v proces biološkega postopka čiščenja, bi onemogočile čiščenje ter morebiti tudi poškodovale posamezne komponente čistilne naprave.

Mehansko čiščenje komunalne vode so vsi postopki čiščenja odpadne vode na fizikalen, ali drug način, ki vključuje usedanje neraztopljenih snovi. Mehansko čiščenje je lahko tudi drug postopek čiščenja, ki zmanjšuje biološko potrebo po kisiku za najmanj 20% in količino neraztopljenih snovi za najmanj 50 % pred izpustom v nadaljnje čiščenje. Najpomembnejša naloga mehanskega čiščenja odpadne vode je odstranjevanje neraztopljenih snovi iz odpadne vode (Premzl, 2003).

Včasih sta procesa predčiščevanja in mehanskega čiščenja bila ločena, današnje tehnologije pa ju združujejo, saj oba temeljita na tem, da pripravita komunalno odpadno vodo za nadaljnjo biološko čiščenje. Čiščenje v primarni stopnji običajno poteka po s podnjem vrstnem redu.

- Čiščenje na grabljah in rešetkah (cejenje, rešetkanje), ki se uporablja za odstranitev večjih plavajočih materialov (plastičnih steklenic, lončkov, listja in trave), da preprečimo okvare mehanične opreme pri nadaljnjih postopkih čiščenja.
- Peskolov in maščobnik. Peskolov je namenjen odstranjevanju peska in proda. V komunalni odpadni vodi se sicer pesek ne more pojavljati s cestišč med odvajanjem KOV. Kljub temu ga včasih opazimo v manjših količinah, zato ga je treba izločiti iz odpadne vode pri nadaljnjem čiščenju.
- Primarno usedanje ali sedimentacija, kjer poteka proces izločanja neraztopljenih delcev iz odpadne vode, ki temelji na izkoriščanju razlike v gostoti med delci in odpadno vodo. To dosežemo s koagulacijo in/ali s flotacijo.  
Koagulacija je fizikalno–kemijski postopek, pri katerem s pomočjo koagulativnih kemikalij združujemo koloidne delce (manjši od 0,002 mm) v večje kosme. Na ta način jih povečamo, da postanejo relativno težji in se usedajo na dno.  
Flotacija ali plavljanje je separacijska metoda za ločevanje trdih ali tekočih suspendiranih delcev s pomočjo mehurčkov zraka. Princip temelji na hidrofobnosti kosmov, katerih se oprimejo mehurčki in jih ponesejo na površje, kjer jih posnamemo kot peno.

S sekundarno stopnjo čiščenja se odstranijo organske komponente, torej se odpadna voda prečisti biološko razgradljivih snovi. Za odstranjevanje topnih in koloidnih spojin lahko uporabljamo naravne mikroorganizme, ki pretvorijo te snovi v gosto biomaso. Ta se lahko ločuje od čiščene tekočine z uporabo konvencionalnih sedimentacijskih procesov.



Osnovno sekundarno čiščenje izrablja naravne sisteme, s katerimi lahko razdelimo sisteme na:

- naravne sisteme za čiščenje odpadne vode;
- sisteme čiščenja z aktivnim blatom;
- sisteme s pritrjeno biomaso (Roš, Simonič, Šoštar Turk, 2005).

Naslednja, terciarna stopnja čiščenja je odstranjevanje hranil iz vode, predvsem spojin dušika in fosforja, ki sta glavni skupini snovi za rast alg in rastlin. Terciarna stopnja služi predvsem preprečevanju eutrofikacije, torej prekomernega dotoka hranilnih snovi. Postopek je lahko biološki, kemijski ali kombiniran. Z biološkim postopkom v okviru terciarnega čiščenja izločamo tiste raztopljene in suspendirane snovi, ki služijo organizmom za presnovo. Uspešnost čiščenja je pogojena z dobrimi pogoji za rast in razvoj organizmov.

#### **4.4 Biološko čiščenje odpadnih voda**

Biološko čiščenje odpadnih vod pomeni uporabo naravnih mikroorganizmov za pretvorbo topnih in koloidnih organskih snovi v gosto mikrobnno biomaso, ki se lahko ločuje od čiščene tekočine z uporabo konvencionalnih sedimentacijskih procesov.

Osnovno sekundarno čiščenje izrablja:

- naravne sisteme za čiščenje odpadne vode,
- sisteme čiščenja z aktivnim blatom in
- sisteme s pritrjeno biomaso (Roš, Zupanič, 2010).

Biološko čiščenje odpadnih vod temelji na razgradnji organskih in anorganskih snovi ob pomoči mikroorganizmov pri določenih razmerah. Med mikroorganizmi prevladujejo bakterije, ostalo so praživali, mnogoceličarji, glive in virusi.

Dušikove in ogljikove spojine, prisotne v odpadnih vodah, se lahko odstranijo oziroma se zniža njihova vrednost z biološko obdelavo. Med biološke postopke čiščenja spadajo številni sistemi, ki kot osnovo za čiščenje uporabljajo aktivno blato (Kurbus, 2008).

Mikroorganizmi lahko pri različnih oksidacijskih pogojih razgrajujejo organsko snov tako v naravi kot v bioloških čistilnih napravah. Zato pri biološkem čiščenju ločimo aerobne, anaerobne in anoksične pogoje (Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu, Uradni list RS, št. 62/08).

Aerobne razmere so tiste, pri katerih se v reaktor dovaja kisik (zrak), ki ga bakterije potrebujejo za razgradnjo (Kurbus, 2008). Pri tem procesu se organske snovi v prisotnosti kisika pretvorijo v vodo, ogljikov dioksid in biomaso. Pretvorba poteka s heterotrofnimi mikroorganizmi. Mikroorganizmi kot akceptor uporabljajo raztopljen kisik (Roš, 2005). Torej mora biti za aerobne mikroorganizme v sistemu (v prezračevalniku) prisoten raztopljeni kisik (nad 0,5 mg/l), da bo čiščenje potekalo dobro (Roš, Zupanič, 2010). Z vpihovanjem zraka v odpadno vodo se ustvarijo ugodne okoliščine za razvoj ogromnega števila aerofilnih bakterij. Praživali so na majhnem prostoru. Ti organizmi se hitro razmnožujejo, iz organskih raztopljenih delcev pa tvorijo kosme, ki se posedajo. Osnovna enota aktivnega blata je flokula ali kosem, ki je nepravilne okroglaste oblike ali razvejan, z aerobnimi organizmi na površini in fakultativnimi anaerobi v notranjosti. Le-ti lahko ob prisotnosti kisika delujejo kot aerobi, kar znatno vpliva na proces čiščenja. Bolj je združba heterogena, večji je učinek čiščenja. Voda mora biti v stalnem gibanju, s čimer zagotovimo boljši kontakt

mikroorganizmov s hrano in kisikom ter preprečimo, da bi se kosmi usedli na dno, kjer bi zaradi pomanjkanja kisika odmrli (Vavče, 2010).

Primer biološke čistilne naprave z nitrifikacijo je dvostopenjski aerobni sistem, kjer se v prvi stopnji odstrani pretežni del organsko razgradljivih snovi, v drugi stopnji pa se oksidirajo dušikove spojine v nitritno in nitratno obliko (Turk, 2008).

Prednosti aerobnih postopkov čiščenja:

- možnost čiščenja različnih odpadnih vod;
- učinkovito odstranjevanje organskih nečistoč;
- kratek zagonski in bivalni čas;
- gibkost

Slabosti aerobnih postopkov čiščenja:

- velika poraba energije;
- velika količina proizvedenega odpadnega mulja;
- občutljivost mikroorganizmov za nenadne spremembe (Goršek, 2006).

Anaerobne razmere so tiste, pri katerih mikroorganizmi dobivajo kisik iz organskih spojin ali iz sulfatnega iona, v sistemu pa ne sme biti prisoten raztopljeni kisik, ker zavira delovanje anaerobnih mikroorganizmov (Roš, Zupanič, 2010). Organske spojine se v prvi fazi pretvorijo s pomočjo anaerobnih heterotrofnih mikroorganizmov v nižje maščobne kisline, nato pa v vodo, metan, ogljikov dioksid in biomaso. Mikroorganizmi dobivajo kisik iz organskih spojin ali iz sulfatnega iona (Turk, 2008). Pogoji za normalno delovanje anaerobnega reaktorja je tudi odsotnost dušika v obliki nitrita in nitrata (Roš, Zupanič, 2010).

Za koncentrirane odpadne vode samo anaerobno čiščenje običajno ne zadošča, saj razgradnja organskih snovi ni popolna. V takem primeru je treba anaerobno čiščeno odpadno vodo dodatno čistiti v aerobni stopnji (Turk, 2008).

Prednosti anaerobnih postopkov čiščenja:

- nizki obratovalni stroški;
- majhne potrebe po hranilih;
- majhne količine proizvedenega biološkega mulja;
- možnost velikih organskih obremenitev;
- proizvodnja energetske uporabnega bioplina (vsebuje metan),

Slabosti anaerobnih postopkov čiščenja:

- občutljivost procesa na toksikante;
- zelo dolg zagonski čas;
- anaerobna obdelava je predhodna stopnja čiščenja, zato potrebujemo še končno obdelavo vode pred izpustom v vodotok;
- skromnejše izkušnje v primerjavi z aerobnimi tehnikami (Kostak, 2012).

Anaerobno čiščenje odpadnih voda se v praksi danes več ali manj uporablja le za predhodno čiščenje visoko obremenjenih voda, sledi pa mu aerobna stopnja – komunalna čistilna naprava (Zupančič, Novak, Lobnik, 2012).

Anoksične razmere so tiste, pri katerih mikroorganizmi dobivajo kisik iz nitritnega in nitratnega dušika. V tem primeru govorimo o denitrifikaciji (Roš, Zupanič, 2010). Tu

prevladujejo denitrifikatorji (heterotrofne bakterije), ki imajo sposobnost vezati kisik iz nitrata. Denitrifikatorji reducirajo nitrat ob prisotnosti organske snovi v plinasti dušik, ki izhaja v zrak (Kurbus, 2008). V sistemu ne sme biti prisoten raztopljeni kisik. Pri postopku nastajajo ogljikov dioksid, voda in elementarni dušik.

V čistilnih napravah biološko čiščenje lahko poteka s pritrjeno ali razpršeno biomaso. Oba načina čiščenja simulirata samočistilne biološke procese, kot se to dogaja v naravi.

#### Biološko čiščenje s pritrjeno biomaso

Biološke čistilne naprave s pritrjeno biomaso vsebujejo nosilec, na katerega se pritrdi biomasa in tvori film. Nosilci biofilma so lahko aktivno oglje, premog, kremenčkov pesek, steklo, keramika ali plastika različnih oblik. Pomembno je, da so dovolj porozni, da omogočajo pritrnitev biomase in da imajo veliko specifično površino. Odpadna voda, ki priteka v reaktor, teče preko nosilca z biofilmom, pri tem pa kisik in odpadna voda difundirata v biomaso, kjer poteče biološko čiščenje. Če se nosilec z biofilmom obrača, se ne spreminja le količina, temveč tudi sestava biomase. Najprej sestavljajo biofilm pretežno bakterije, nato se v njem naselijo praživali, nazadnje pa še mnogoceličarji. K biološkim čistilnim napravam s pritrjeno biomaso spadajo:

- rotirajoči biološki kontaktorji,
- precejalniki, ki imajo najmanjšo uporabnost, ker imajo nekontroliran dotok zraka,
- biofiltri.

#### Biološko čiščenje z razpršeno biomaso

V bioloških čistilnih napravah z razpršeno biomaso je le-ta suspendirana v prezračevalnem reaktorju. Takšne naprave imenujemo čistilne naprave z razpršenim aktivnim blatom. Osnovni proces čiščenja z aktivnim blatom je konvencionalni biološki način čiščenja odpadnih vod. Tak sistem je sestavljen iz enega ali več prezračevalnikov in bistrilnika oziroma usedalnega bazena. Odpadna voda se dovaja v prezračevalni bazen, ki je napolnjen z razpršenim aktivnim blatom primerne koncentracije. Po reakciji v prezračevalniku odteka voda gravitacijsko iz prezračevalnika v usedalnik, kjer se suspendirane snovi ločijo od očiščene vode. Koncentrirana suspenzija aktivnega blata se deloma vrača nazaj v prezračevalnik. Ker se mikroorganizmi v procesu neprestano razmnožujejo, je potrebno odvečno aktivno blato redno odstranjevati. Med sisteme z razpršeno biomaso spadajo:

- konvencionalni sistem z aktivnim blatom, ki je lahko različnih izvedb (s popolnim premešanjem, s kontaktno stabilizacijo, s postopnim dovajanjem in procesi s čepastim tokom) in
- šaržni biološki reaktor, ki je sestavljen iz enega bazena oziroma reaktorja, v katerem se izvedejo vse delovne faze čistilnega postopka.

Za sisteme z razpršeno biomaso je zelo pomembno, da se aktivno blato po čiščenju hitro useda. To dosežemo pri optimalnih razmerah delovanja, kjer se mikroorganizmi med seboj združijo v večje kosme in se kasneje lahko hitro usedejo. S tem preprečimo, da bi blato izhajalo iz reaktorja. Za doseganje boljše kakovosti čiščene vode lahko sledi za biološkim čiščenjem še obdelava odpadne vode z membransko tehnologijo, s pomočjo katere iz odpadne vode odstranimo še preostali del suspendiranih snovi (biomase), ki so ušle iz reaktorja.

Membranska tehnologija temelji na filtraciji, kamor prištevamo mikrofiltracijo, ultrafiltracijo in reverzno osmozo (Kurbus, 2008).

### Sekvenčni biološki reaktor (SBR)

Sekvenčni biološki reaktor (angl. Sequencing Batch Reactor, SBR) spada med napredne biološke postopke čiščenja. SBR se uspešno uporablja za odstranjevanje ogljikovih, dušikovih in fosforjevih spojin iz odpadne vode. Z raziskavami je bilo ugotovljeno, da se uspešno uporablja za čiščenje komunalnih in industrijskih odpadnih vod, kot so mlekarne, papirnice, strojarne in prašičje farme. SBR je tako imenovani »napolni in izprazni« sistem z aktivnim blatom, kjer se vse faze zapored izvedejo v enem reaktorju (Kurbus, 2008). Po navadi se v enem ciklu izvede pet faz, polnjenje, reakcija, usedanje, iztok, mirovanje.

### Obdelava odvečnega blata iz čistilnih naprav

Odstranjevanje usedljivih snovi iz surove vode pri primarnem čiščenju (primarno blato) in usedljivih snovi, ki se proizvajajo z biološko pretvorbo raztopljenih snovi v bakterijske celice pri sekundarnem čiščenju (sekundarno blato), nenehno proizvaja velike količine koncentriranega blata. Medtem ko lahko tekočo frakcijo odpadne vode prečistimo in jo varno odvajamo v površinske vode, je treba akumulirano blato pred odlaganjem dodatno obdelati (Roš, Zupanič, 2010). Aktivno blato je mešanica odpadne vode, mineralnih snovi in pretežno odmrlih mikroorganizmov. Sestavljajo ga mikroorganizmi, kot so bakterije, glive in praživali. Mnogoceličarjem odpadna voda predstavlja vir hrane za preživetje in razmnoževanje. Zelo pomembno je, da je koncentracija mikroorganizmov v prezračevalnih bazenih ves čas visoka, saj lahko le na takšen način zagotovimo zadovoljivo čiščenje odpadne vode, ki priteče na čistilno napravo. Rezultat čiščenja je očiščena voda in nova količina aktivnega blata (Komunalno stanovanjsko podjetje Brežice, 2012).

Glede na izvor obstaja več vrst blata. Blato iz bioloških čistilnih naprav je večinoma biološkega izvora, kar pomeni, da večji del sestavljajo organske biorazgradljive komponente (50–90 %). Vrste blata so odvisne od procesa nastanka in tipa biološke čistilne naprave. V biološki čistilni napravi je največ primarnega in biološkega blata, več kot 95 % (Roš, Zupanič, 2010).

Blato iz čistilnih naprav je potrebno nadalje obdelati tako, da se organska snov mineralizira. Karakteristike blata so lahko zelo različne, odvisno od uporabljene tehnologije čiščenja. Vsako blato predstavlja mešanico trdnih snovi in vode, pri čemer odstotek vode dosega 97–99 % volumna blata. Za odpadno mehansko dehidrirano blato bioloških čistilnih naprav je vsebnost suhe snovi med 10 in 20 %.

Povprečne vrednosti dehidriranega blata iz bioloških čistilnih naprav za komunalne odpadne vode so odvisne od načina odvzemanja vode. Teh postopkov je zelo veliko in so različno učinkoviti. Najtežje se dehidrirajo odvečna blata BČN, ki vsebujejo pretežno celulozne membrane odmrlih mikroorganizmov. Postopki po navadi niso enostopenjski, ampak večstopenjski in se med seboj dopolnjujejo. Od stopnje dehidracije je v veliki meri odvisen končni način ravnanja z odpadnim blatom.

Na komunalnih čistilnih napravah se, pred njegovo končno dispozicijo, izvajajo štiri glavni procesi obdelave odvečnega blata. To so (McFarland, 2011):

- zgoščevanje blata - to je proces s katerim poizkušamo blatu, praviloma še pred nadaljnjimi procesi obdelave na komunalni čistilni napravi, bistveno zmanjšati vsebnost vode oz. povečati koncentracijo trdnih snovi v njem;
- stabilizacija blata - zajema biološke in kemične postopke s katerimi v prvi vrsti želimo trajno ali pa vsaj začasno ublažiti nezaželene značilnosti blata;
- kondenzacijo blata - pomeni kemično ali temperaturno obdelavo blata s katero dosežemo večjo učinkovitost zgoščevanja in/ali dehidracijo blata, ki sicer v večini primerov niti ne dosežeta zadovoljivih rezultatov;

- dehidracijo oz. izsuševanje blata – je proces, ki praviloma pride na vrsto kot zadnji in s katerim želimo čim bolj povečati koncentracijo trdnih snovi v blatu oz. iz njega iztisniti čim več odvečne tekočine ter s tem minimirati njegovo prostornino.

Zgoščevanje blata je navadno prvi proces obdelave odvečnega blata po njegovem nastanku na komunalni čistilni napravi. Zgoščevanje blata pomeni odstranjevanje vode iz blata in s tem bistveno zmanjšanje celotnega volumna. Povečanje koncentracije trdnih snovi v blatenici iz 1% na 2% pomeni, kar 50% zmanjšanje celotnega volumna blatenic. Zmanjšanje volumna pa pomeni nižje investicijske in obratovalne stroške pri nadaljnjih procesih obdelave blata. Predvsem je pomembna razlika v velikosti rezervoarja, črpalk in ostale dolvodne opreme.

V splošnem postopku zgoščevanja blata temeljijo predvsem na fizikalnih zakonitostih. Na komunalnih čistilnih napravah najdemo pet glavnih načinov zgoščevanja in sicer (McFarland, 2001):

- gravitacijsko zgoščevanje;
- flotacijsko zgoščevanje;
- zgoščevanje z gravitacijskimi pasovi;
- zgoščevanje z rotacijskimi bobni.

Ravnanje z blatom iz čistilne naprave predstavlja 30–50 % obratovalnih stroškov čistilne naprave. Zato je potrebno vprašanju racionalne izrabe snovne in energetske vsebnosti blata posvetiti veliko pozornost. Organske snovi in hranila (dušik, fosfor, minerali) narekujejo njegovo recikliranje na kmetijske površine ali v kompostu za saniranje degradiranih površin v okolju. Seveda pa je potrebno upoštevati možno onesnaženost odpadnega blata z nevarnimi snovmi. V tem primeru pridejo v poštev ostali načini predelave, predvsem kemični. Ti načini predelave so bistveno dražji tako glede investicije kot obratovalnih stroškov. Odstranitev preostankov predelav mora potekati na okoljsko varen način (Turk, 2008).

Obvezna ravnanja s to vrsto odpadkov ureja Uredba o ravnanju z odpadki (Uradni list RS, št. 34/08), vnos teh odpadkov v tla oziroma na kmetijske površine pa urejata Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Uradni list RS, št. 84/05, 62/08, 113/09) ter Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, št. 62/08).

Posebne zahteve v zvezi z izpusti snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav ureja Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 45/07).

#### 4.4 Čiščenje odpadne vode v Sloveniji

Opadne vode skozi kanale in jaške odtekajo proti čistilnim napravam, kjer jih prečistijo. Pri tem se uporabljajo različni kemijski, fizikalni in biološki postopki, ki se mnogokrat tudi dopolnjujejo. Kako in kdaj se dopolnjujejo, je odvisno od vrste odpadne vode oziroma od snovi, ki jih je treba iz nje odstraniti (Žinko, 2008).

V splošnem razdelimo čiščenje odplak na:

- mehansko čiščenje (precejanje, grablje, sita, usedanje, filtracija, pobiranje maščob ..)
- kemijsko čiščenje (nevtralizacija, oksidacija, redukcija);
- fizikalno-kemijsko čiščenje (obarjanje, koagulacija, flokulacija, ionska izmenjava);
- biološko čiščenje (aerobno in anaerobno čiščenje s pritrjeno ali razpršeno biomaso).
- odstranjevanje hranil, dezinfekcija.

V letu 2014 je bilo v površinske vode RS izpuščenih 800 milijonov m<sup>3</sup> odpadne vode. Večina te vode (730 milijonov m<sup>3</sup>) je bila pred izpustom prečiščene. V javno kanalizacijo je bilo izpuščenih 183 milijonov m<sup>3</sup> odpadne vode; od tega je bilo pred izpustom prečiščenih 80 milijonov m<sup>3</sup> vode. V zemljo je bilo izpuščenih milijon m<sup>3</sup> neprečiščene odpadne vode, 0,4 milijona m<sup>3</sup> odpadne vode pa je bilo pred izpustom prečiščene. Večina meteornih voda (92,8 milijona m<sup>3</sup>) je bilo izpuščene v javno kanalizacijo, preostala pa v površinske vode (1,7 milijona m<sup>3</sup>) in v zemljo (0,02 milijona m<sup>3</sup>) (Statistični urad RS, 2014).

#### 4.5 Presek stanja in analiza čiščenja odpadnih voda v Sloveniji

V letu 2012 je bilo v Sloveniji v javno kanalizacijo odvedenih 200,9 milijona m<sup>3</sup> odpadnih voda različnega izvora, od tega skoraj 60 % drugih odpadnih voda (padavinska voda, zaledne vode, udori iz morja ipd.), 29 % iz gospodinjstev, 7 % iz industrijskih dejavnosti (od tega iz predelovalnih dejavnosti 86,8 %, iz rudarstva 8,0 %, iz oskrbe z električno energijo 4,7 %, iz gradbeništva 0,6 %, okoli 4 % iz drugih dejavnosti in le 0,2 % iz kmetijstva, gozdarstva in ribištva) (Statistični urad Republike Slovenije, 2013).

Količina odpadnih voda je v zadnjih desetih letih postopno naraščala, le v letu 2011 je bila glede na prejšnje leto nižja. V letu 2012 je bila tako količina odpadne vode glede na leto 2003 večja za 60 %, in to predvsem zaradi drugih odpadnih voda, ki so se v tem obdobju povečala s 13 milijonov m<sup>3</sup> na 119 milijonov m<sup>3</sup>. Količina odpadnih voda se je v obravnavanih letih povečala tudi v rudarstvu, v oskrbi z električno energijo in v drugih dejavnostih. Zmanjšala pa se je v kmetijstvu, gozdarstvu in ribištvu, v predelovalnih dejavnostih, gradbeništvu in v gospodinjstvih.

Količina odpadne vode iz gospodinjstev se je v obdobju 2003-2012 zmanjšala iz 77 milijonov m<sup>3</sup> na 58 milijonov m<sup>3</sup> ali za 24 %.

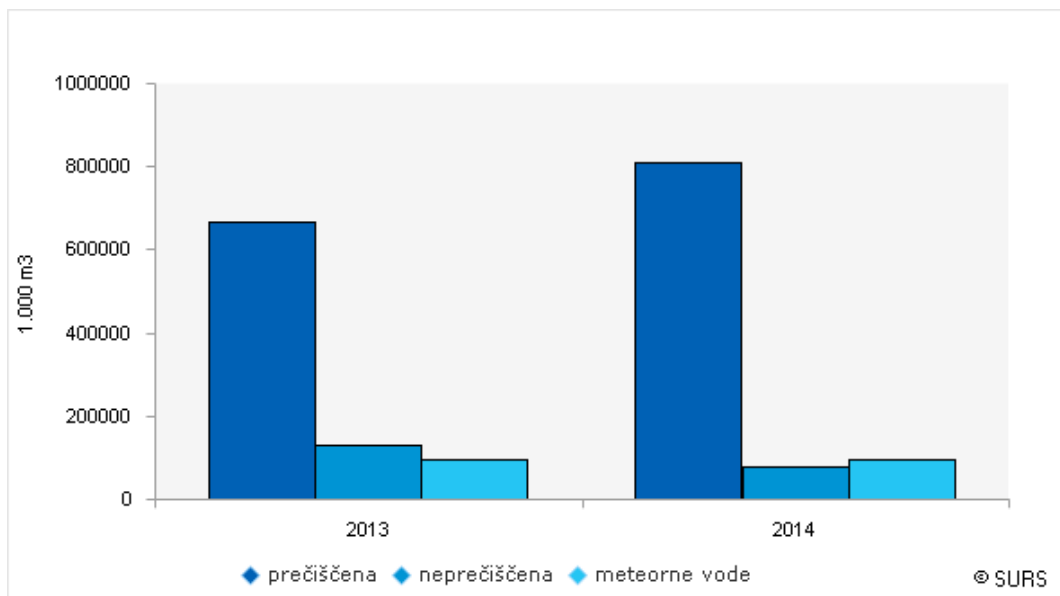
#### Preglednica 5: Odpadne vode po mestu izpusta, Slovenija (Vir: SURS 2014)

Odpadne vode (1000 m <sup>3</sup> )	LETO									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Izpust odpadnih vod – SKUPAJ	143299	148952	153781	156015	168477	173326	151465	200931	178706	183285
Neprečiščene odpadne vode – SKUPAJ	66019	44818	38806	41664	52509	46416	46450	17529	19182	10687
Neprečiščene odpadne vode – v podtalnice	3827	11384	4790	13219	12412	13347	6489	3815	7400	3633
Neprečiščene odpadne vode – v površinske vode - SKUPAJ	62192	33434	34016	28445	40097	33069	39290	12859	11485	7015
Prečiščene odpadne vode – SKUPAJ	77280	104134	114975	114351	115968	126910	105015	63805	66772	79832
Prečiščene odpadne vode – v podtalnice	455	452	549	894	648	702	3366	892	3827	3064
Prečiščene odpadne vode – v površinske vode – SKUPAJ	76825	103682	114426	113457	115320	126208	93795	57964	57866	69817

V letu 2014 smo načrpali 9 % sveže vode več kot v letu 2013. Večina te vode (83 %) je bila načrpana iz lastnih zajetij za opravljanje različnih dejavnosti (kmetijstvo, rudarstvo, predelovalne dejavnosti, proizvodnja električne energije, komunalna oskrba ipd...).

Za oskrbo vode v javnem vodovodu je bilo načrpanih 163 milijonov m<sup>3</sup> vode. Ker se zaradi dotrajanih vodovodnih sistemov precej vode v distribucijskem omrežju izgubi (v letu 2014 se je izgubilo nekaj manj kot 46 milijonov m<sup>3</sup> vode), je bilo uporabnikom v letu 2014 dobavljeno 117,2 milijonov m<sup>3</sup> vode. Večina (67 %) je bila namenjena za uporabo v gospodinjstvih.

Večina načrpane vode je bila pridobljena iz površinskih voda (97 %). V letu 2014 je bilo iz površinskih voda načrpanih 951,6 milijona m<sup>3</sup> vode, iz podzemnih voda pa 28,8 milijona m<sup>3</sup> vode.

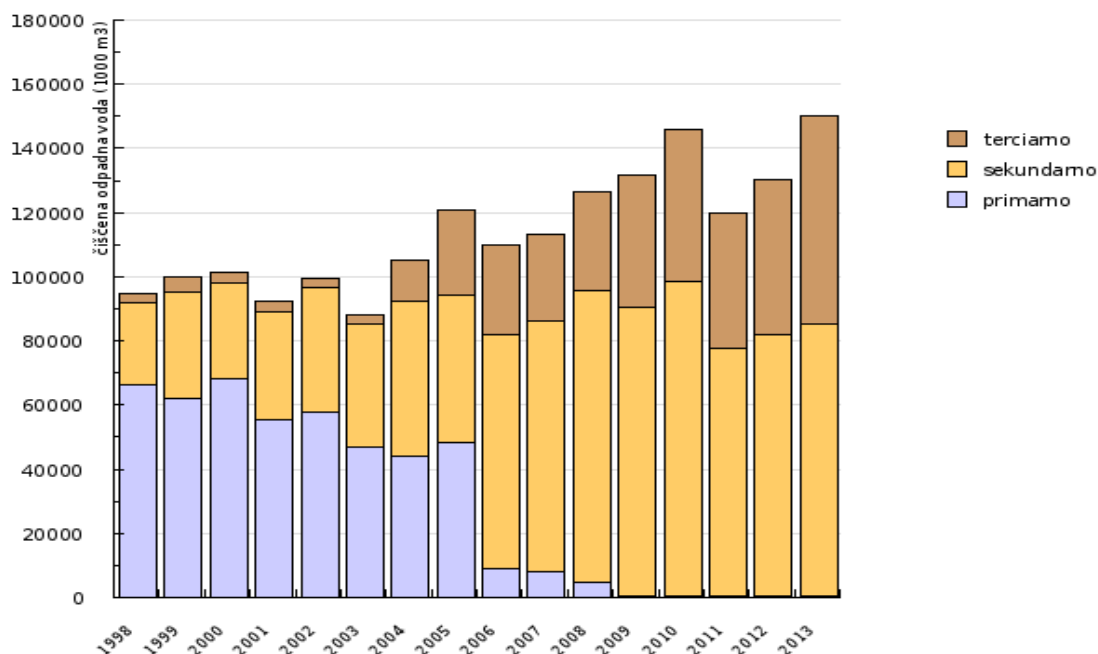


**Grafikon 1: Iztočna odpadna voda glede na vrsto vode, Slovenija (Vir: SURS)**

Količina neprečiščene odpadne vode je bila v letu 2014 za več kot tretjino manjša kot v 2013. V letu 2014 je bilo v Sloveniji izpuščenih 810 milijonov m<sup>3</sup> prečiščene odpadne vode ali za 21 % več kot v letu 2013. Količina neprečiščene odpadne vode se je v letu 2014 glede na leto 2013 zmanjšala za 38 % oz. na 80 milijonov m<sup>3</sup> vode. To pomeni, da je v letu 2014 na vsakih 10 milijonov m<sup>3</sup> prečiščene odpadne vode steklo milijon m<sup>3</sup> neprečiščene odpadne vode.

V letu 2014 je bilo v javno kanalizacijo, v površinske vode in v zemljo izpuščenih 94,5 milijona m<sup>3</sup> meteornih voda. Njihova količina se je v primerjavi z letom 2013 znižala za 1%.

### Čiščenje odpadnih voda na komunalnih čistilnih napravah



**Grafikon 2: Odpadne vode po stopnjah čiščenja v Sloveniji (Vir: SURS)**

S primerjavo posameznih stopenj čiščenja odpadnih voda v opazovalnem obdobju lahko vidimo, da količina in delež vode, prečiščene s primarnim čiščenjem, močno upadata. Narastli pa sta količina in delež vode, prečiščene s sekundarnim in terciarnim čiščenjem. S sekundarnim čiščenjem je bilo prečiščenih okoli 54 % odpadne vode, s terciarnim čiščenjem pa okoli 46 % odpadne vode. V letu 2014 je bilo z vsemi oblikami prečiščeno več odpadne vode kot v letu 2013 (SURS, 2013).

### Čiščenje odpadnih voda po statističnih regijah

V letu 2012 je največji delež odpadne vode, proizvedene v posamezni statistični regiji, prečistila jugovzhodna Slovenija, kar 93 %. Sledile so ji obalno-kraška statistična regija z 91 %, pomurska regija z več kot 88 % in gorenjska ter notranjsko-kraška regija s po 85 %. Najmanjši delež odpadne vode je bil prečiščen v osrednjeslovenski statistični regiji (SURS, 2013).





Slika 2 : Količina prečiščene odpadne vode po statističnih regijah, Slovenija (SURSTAT, 2012)

## 5 VRSTE KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAV

### 5.1 Velike čistilne naprave

#### 5.1.1 Industrijske čistilne naprave

Industrijske čistilne naprave so čistilne naprave, ki se uporabljajo na področju čiščenja in recirkulacije odpadnih voda pri obratih, kot so na primer železarne, usnjarne, papirnice, tekstilne tovarne, rudniki urana in bakra, jamske vode in premogovniki, steklarne, odpadne vode iz separacij rude in premoga, odpadnih vod iz organske in anorganske kemične industrije, rafinerije in petrokemične industrije, izcedne vode iz komunalnih in posebnih odlagališč itd.

Problematike čiščenja odpadnih voda s fizikalno-kemijskimi postopki, ki so podlaga predčiščenja, se je treba lotevati z velikim poudarkom na kakovosti najnovejših tehnologij. Med fizikalno-kemijske postopke spadajo: precejanje, mešanje, filtracija, ultrafiltracija, povratna osmoza, koagulacija, flokulacija, flotacija, sedimentacija, ionska menjava, evaporacija, nevtralizacija, izpiranje idr. S temi postopki in na podlagi izkušenj lahko ponudnik povpraševalcu ponudi rešitev za kakovostno industrijsko čistilno napravo za čiščenje in recirkulacijo odpadne vode (Hidroinženiring IGP, 2007).

### 5.2 Male komunalne čistilne naprave

Po definiciji pojem male komunalne čistilne naprave opredeljuje naprave za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 PE (populacijskih ekvivalentov), v kateri se komunalna odpadna voda zaradi njenega čiščenja obdeluje z biološko razgradnjo. V Sloveniji imamo tri registrirane preverjene standarde malih čistilnih komunalnih naprav oziroma bioloških čistilnih naprav, in sicer:

- s prezračevanjem v naravnih ali prezračevalnih lagunah v skladu s standardom SIST EN 1255-5;
- v bioloških reaktorjih s postopkom z aktivnim blatom v skladu s standardom SIST EN 12255-6;
- v bioloških reaktorjih s pritrjeno biomaso v skladu s standardom SIST EN 1255-7.

Dovoljena je tudi izgradnja biološke čistilne naprave, ki ni v skladu s katerimi od teh standardov, vendar je zakonsko dodeljeno redno izvajanje meritev. Meritve morajo zagotavljati mejno vrednost parametrov odpadne vode. Pod male komunalne čistilne naprave štejemo rastlinske čistilne naprave z naravnim prezračevanjem s pomočjo rastlin, z vertikalnim ali horizontalnim tokom.

Iz male komunalne čistilne naprave z zmogljivostjo čiščenja 50 PE, v skladu s temi standardi, se lahko odvaja očiščena odpadna voda neposredno v površinsko vodo prek filtrirne naprave za prečiščeno komunalno vodo ali posredno v podzemno vodo prek sistema za infiltracijo v tla (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav Uradni list RS, št. 45/07, 63/09, 105/10 in 98/15).

Vrste malih komunalnih čistilnih naprav so:

- nepretočne greznice;
- pretočne greznice;
- biološke čistilne naprave;
- lagune;
- rastlinske čistilne naprave.

### 5.2.1 Nepretočne greznice

V predelih, kjer javna kanalizacija ni predvidena, bo kot samostojna naprava za zbiranje hišne odpadne vode pogojno dovoljena nepretočna greznica, vendar le v izjemnih primerih, kjer ni mogoča uporaba nobene druge oblike zbiranja in čiščenja odpadnih vod.

Nepretočne greznice služijo le za zbiranje in zadrževanje odpadne vode in zaradi svoje neprepustnosti ne povzročajo nobene škode okolju. Moramo jih redno prazniti in odpadno vodo odvažati na čistilno napravo. Največja slabost nepretočnih greznic je ravno pogosto praznjenje in s tem povezani visoki stroški, zato nepretočne greznice predstavljajo najdražjo obliko ravnanja s hišnimi odpadnimi vodami.

Po novi Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih čistilnih naprav, ki je začela veljati z letom 2016, lastnikom greznic na območju, kjer ni javne kanalizacije in ta ni predvidena, ni več potrebno do konca leta 2017 preurediti obstoječih greznic v male komunalne čistilne naprave. Obstoječi lastniki greznic morajo preurediti svoje greznice najkasneje ob prvi rekonstrukciji objekta, medtem ko še vedno velja, da morajo vsi lastniki novogradenj na teh območjih vgraditi MKČN.

### 5.2.2 Pretočne greznice

Gradnja pretočnih greznic brez dodatnega čiščenja v Sloveniji ni več dovoljena. Zadnji datum za uporabo pretočnih greznic je 31.12. 2017.

Greznica lahko služi kot prva stopnja čiščenja. Potrebno kakovost čiščenja lahko zagotovimo, če ob greznico dodamo elemente za naknadno čiščenje v obliki peščenega filtra, rastlinske ali lagunske čistilne naprave, ki zaključijo čiščenje v aerobnih razmerah.

V pravilno dimenzioniranih greznicah poteka ne samo mehansko čiščenje, temveč tudi delno biološko čiščenje na anaerobni način. Odpadna voda se pretaka skozi več prekatov in se tako očisti mehansko ter delno biološko s presnovo organskih snovi. Za delno biološko čiščenje mora biti greznica večcelična z najmanj tremi celicami. Na priključeno osebo je treba predvideti 1500 l koristnega prostora, zaradi česar znaša najmanjša prostornina 6000 l.

Postopek čiščenja se začne v prvem prekatu, kjer se usedljive trdne snovi sedimentirajo na dno in tam tvorijo plast blata. Lahki materiali, kot so na primer maščobe, pa priplavajo na površje. S pretakanjem skozi naslednje prekate se odpadna voda mehansko očisti usedlin in površinske skorje. Poleg mehanskega čiščenja poteka tudi anaerobna presnova organskih snovi, ki so se usedle na dno, zato se volumen blata zmanjšuje. Ta snov se pod vplivom anaerobne presnove spremeni v stabilnejše komponente in pline (ogljikov dioksid, metan in drugi).

Praznjenje greznice je potrebno vsaj enkrat letno, in sicer takrat, ko je z blatom izpolnjenega 2/3 koristnega prostora. 1/6 blata je treba v greznici pustiti, da s tem pospešimo presnovo svežega blata.

### 5.2.3 Biološke čistilne naprave (BČN)

Biološke čistilne naprave so nadomestilo za klasično greznico, ki so ekološko nesprejemljive. Iz biološke čistilne naprave priteče prečiščena voda in zato ne obremenjuje okolja kot ga klasična greznica. Prednost je tudi v tem, da je z biološko čistilno napravo manj stroškov, medtem ko je treba klasično greznico mesečno čistiti, kar narekuje tudi mesečni odvoz. Investicija v biološko čistilno napravo je skoraj enaka investiciji v primerno veliko greznico z zaprtim sistemom, ki je sicer še dovoljena, a je manj primerna zaradi višjih stroškov mesečnega odvoza oziroma čiščenja (<http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si>, 23.11.2011).

Princip delovanja bioloških čistilnih naprav je v osnovi enak ne glede na velikost. Gre za kompaktne mehansko–biološke čistilne naprave za čiščenje sanitarno-fekalnih vod. Po konstrukciji jih sestavlja več ločenih komor, od katerih prva služi za mehansko čiščenje vode, od koder teče predočiščena voda v biološki del naprave, v katerem so nosilci za biomaso. S pomočjo različnih kolonij bakterij v obliki biomase, ki raste na teh nosilcih, se voda očisti organskih nečistoč in dušikovih spojin. Ves proces organske predelave spremlja intenzivno prezračevanje (aeracija) preko zračnih difuzorjev. V zadnjem usedalniku se aktivno blato poseda in loči od čiste vode ter delno prečrpava nazaj v biološki del. Čista voda iz naprave odteka s pomočjo črpalke, ki služi za prečrpavanje odvečnega mulja nazaj v biološki del.

Čistilne naprave so konstruirane tako, da ne potrebujejo posebnega vzdrževanja, je pa res, da je ne smemo pustiti brez vsakršnega nadzora, saj v njej potekajo občutljivi biološki procesi. Naprava deluje neprestano in je ni potrebno dnevno oskrbovati. Njeno vzdrževanje ni zahtevno, paziti pa je treba, da jo po morebitnem izpadu elektrike čim prej ponovno poženemo. Čistilna naprava mora imeti upravljavca, ki njeno delovanje spremlja in vodi obratovalni dnevnik, delovanje naprave pa spremlja tudi vizualno na podlagi občasnih meritev in občasnih vzdrževalnih del. Enkrat tedensko je treba opraviti vizualno in zvočno kontrolo njenega delovanja (vrtenje rotorja), enkrat mesečno pregledati videz vode, enkrat na osem do dvanajst mesecev po potrebi, če se dvigne nivo mulja, izprazniti njen primarni del. Občasno je treba snovi iz vertikalnega dodatnega rezervoarja deponirati v primarni del, v katerega priteka odpadna voda. Taka čistilna voda je sestavljena iz materialov, ki so dolga leta odporni na delovanje mokrega in agresivnega okolja, uporabniku pa ob ustreznem vzdrževanju zagotavlja zanesljivo obratovanje za najmanj trideset let.

Vzdrževanje je odvisno od navodil o obratovanju, ki jih mora uporabnik prebrati in ravnati v skladu z njimi. V okvir vzdrževanja sodijo predvsem skrb, da je naprava priklopljena na električni tok, da v primeru morebitnih javljanj napak na zaslonu obvesti distributerja, da so poti na iztoku vode proste, da se pravočasno črpa mulj, da je odzračevanje pravilno itd. Spremembe vpisuje v dnevnik o obratovanju, kot je predvideno z zakonom (Vavče, 2010).



**Slika 3: Biološka čistilna naprava (Vir: [www.cistilinenaprave.si](http://www.cistilinenaprave.si))**

#### 5.2.4 Lagune

Lagune so čistilne naprave z naravnimi procesi čiščenja. Grajene so kot plitvi bazeni iz naravnih in umetnih materialov (pregrade in talne obloge). Bazeni si sledijo eden za drugim in mikroorganizmi v njih biološko čistijo odpadno vodo. V prvi laguni poteka usedanje grobih delcev na dno bazena. Tu je potrebno odvečno blato odstranjevati, po navadi na 5 do 10 let, ker se zapolni z usedlinami. Prvi dve laguni, kjer ni kisika, sta najpogosteje anaerobni.

Razgradnjo organskih snovi vršijo anaerobne bakterije, ob tem pa proizvajajo produkt, kot je na primer bioplin (metan in  $\text{CO}_2$ ). Vmesne lagune so običajno fakultativno anaerobne, kjer nastopi oksidacija organskih snovi. Tu so bakterije, ki potrebujejo kisik in proizvajajo ogljikov dioksid in alge, ki potrebujejo ogljikov dioksid in vračajo kisik. Razpoložljiv kisik iz zraka in fotosinteze zadostuje za aerobno bakterijsko aktivnost. Ponoči, ko fotosinteza ne poteka, kisika zmanjka in poteka anaerobna oksidacija. Zadnje lagune sistema so po navadi aerobne. Tu je kisika vedno dovolj za oksidacijo organskih snovi in niso odvisne od fotosinteze alg.

Zadrževalni čas odpadne vode v lagunah je običajno daljši kot v ostalih čistilnih napravah, zato je dosežena večja učinkovitost čiščenja patogenih bakterij in virusov, saj v tem času odmrejo. Lagune potrebujejo večje površine za bazene, še posebej v hladni klimi, ko so procesi čiščenja počasnejši in je potreben daljši zadrževalni čas odpadne vode. Prednost lagun je v tem, da ne potrebujejo večjega vzdrževanja.

Sistem lagun brez prezračevanja je zaradi velikih zahtev primeren za čistilno napravo velikosti od 10 do 1000 PE, sistem s prezračevanjem pa za rede velikosti od 1000 do 5000 PE.

### 5.2.5 Rastlinske čistilne naprave (RČN)

Rastlinska čistilna naprava posnema samočistilno sposobnost narave za čiščenje onesnaženih voda. Ta način ne potrebuje nobene strojne in elektro opreme, zato je prihranek pri postavitvi, vzdrževanju in obratovanju velik.

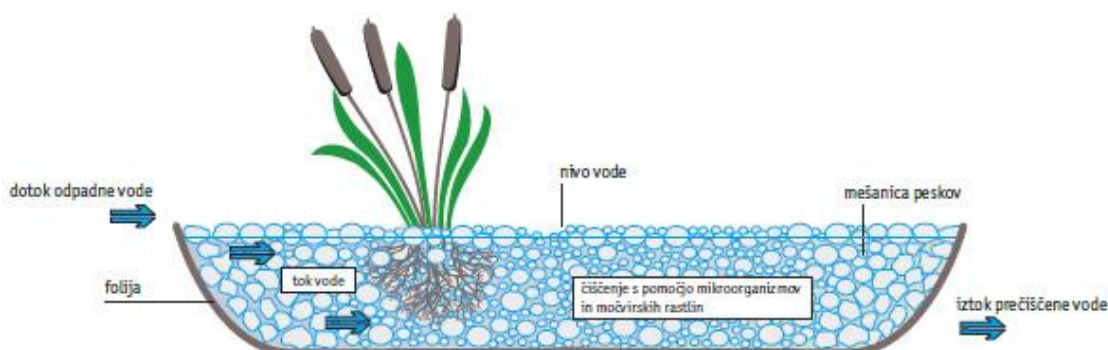
Rastlinska čistilna naprava se lahko uporablja za:

- čiščenje voda iz naselij, farm, turističnih obrti, kmetij, naravnih parkov;
- za čiščenje odpadnih voda individualnih hiš;
- čiščenje industrijskih odpadnih voda manjših obratov;
- čiščenje obarvanih voda;
- terciarno čiščenje pri obstoječih čistilnih napravah;
- področje, kjer je ekonomsko-ekološka gradnja upravičena (<http://www.cistilnenaprave.si>, 2. 7. 2014).

Sistem je postavljen iz več zaporednih bazenov, izoliranih s folijo in napolnjenih s substratom, kjer se voda z namenom preprečevanja smradu in razvoja neželenih insektov gravitacijsko pretaka pod površino.

Ob sodelovanju mikroorganizmov in močvirskih rastlin ter aktivni vnaprej načrtovani vlogi fizikalnih in kemijskih procesov se voda očisti do zahtevanih normativov. Strupene snovi se v procesu čiščenja razgradijo, delno vgradijo v rastline, delno pa ostajajo v substratu, od koder se iz prvih bazenov brez večjih stroškov v cikličnih obdobjih lahko odstranijo. Po potrebi se sistem zaključuje z akumulacijskim bazenom za večnamensko uporabo prečiščene vode (namakanje oziroma zalivanje zelenih površin, gašenje požarov) ali kot krajinski element.

Osnovni procesi, ki se dogajajo v rastlinski čistilni napravi, so absorpcija, mineralizacija, aerobna in anaerobna razgradnja. Glavni delež čiščenja prispevajo aerobne in anaerobne bakterije, ki živijo na koreninah ali med njimi (80 % čiščenja), ostalih 20 % čiščenja predstavljajo rastline z vezavo mineralnih snovi (npr. fosfate, nitrata) ter mnogih strupenih snovi v rastlinska tkiva (Vrhovšek, 2007).



Slika 4: Prerez rastlinske čistilne naprave (Vir: Limnos)

Rastlinske čistilne naprave so zelo učinkovite pri odstranjevanju ujedljivih in suspendiranih delcev v onesnaženi vodi. Pri delovanju te naprave lahko pride tudi do določenih težav, ki lahko poslabšajo njeno delovanje. RČN se lahko namreč zamaši in pride do površinskega toka, zato je ključno ustrezno vzdrževanje usedalnika, ki omogoča mehansko fazo prečiščenja na rastlinski čistilni napravi.

Ob propadu rastlin pozimi se učinkovitost delno zmanjša, vendar po ocenah strokovnjakov ne pade pod 85 %, kar je še vedno zadovoljivo. Kamenje in pesek iz bazenov je potrebno zamenjati vsakih 8–10 let, potreben pa je reden pregled usedalnika, da ne zakolne in redno vzdrževanje naprave. Iz RČN odteka voda še v polirni del, kjer se pred izpustom še dodatno očisti. Pričakovani učinek čiščenja je 95–97 %. Običajno se dimenzionira RČN s približno 2 do 3 m neto površine za čiščenje odpadne vode za 1 PE (Vrhovšek, 2007).

## 6 ZAKLJUČEK

Varstvo vodnih virov je za ohranjanje in izboljšanje kakovosti življenja izjemnega pomena. Čiščenje odpadnih komunalnih in drugih voda je tako zakonska in etična odgovornost celostne družbe in vsakega posameznika.

Za Slovenijo je značilna razpršena poselitev, zlasti v gričevnatih in hribovitih delih Slovenije. Podeželje predstavlja 30,5 % slovenskega ozemlja in zajema 38,5 % prebivalstva. Ta območja so ponavadi hkrati tudi povirja večjih vodotokov, ekološko pomembna in uvrščena med posebna varstvena območja Natura 2000.

Območja Natura 2000 zavzemajo več kot tretjino ozemlja Slovenije, kar je v evropski dimenziji posebnost in dragocenost ter naša skrb in odgovornost.

Zahteve v zvezi z odvajanjem odpadne vode v javno kanalizacijo morajo biti po Pravilniku o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode (Uradni list RS 105/2002, sprememba 50/2004) ter Operativnim programom odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode izpolnjene najkasneje do 31. decembra 2017 na poselitvenem območju s PE med 50 in 2000.

Lastniki stavb na območju, ki ga ni treba opremiti z javno kanalizacijo in zunaj naselij morajo zagotoviti čiščenje komunalne odpadne vode v malih komunalnih čistilnih napravah najkasneje do 31. decembra 2018, če je stavba na občutljivem območju.

Operativni programi za aglomeracijo največkrat ne zajemajo reševanja problemov odvajanja in čiščenja odpadnih voda na območju razpršene poselitve. Pogosto tudi rešitve, ki jih ponujajo, niso ekološko in ekonomsko najbolj upravičene. Ne rešujejo problema občutljivih območij (vodovarstvenih, ekološko pomembnih, Natura 2000) skladno s prioriteta, postavljenimi v Strategiji regionalnega razvoja Slovenije.

Dolga kanalizacijska omrežja, draga črpališča in velike čistilne naprave so za majhne občine, posebno tiste z razpršeno poselitvijo finančno nedosegljive. Zato iščejo možnosti sofinanciranja iz kohezijskih sredstev, ki zahtevajo ogromne investicije in pogosto niso ekološko upravičene. Prednosti, ki se kažejo z razpršenimi, manjšimi kanalizacijskimi in čistilnimi sistemi, so naslednje:

- fazna razgradnja kanalizacijskih sistemov;
- manjše investicije;
- lokalno reševanje problematike;
- manjše čistilne naprave v primeru izpadov ne povzročajo velikih ekoloških katastrof;
- večja vključenost lokalnega prebivalstva pri odločitvah postavitve (socialni vidik);
- manjši posegi v prostor in okolje;
- manjši stroški vzdrževanja in obratovanja.

Idejne rešitve odvajanja in čiščenja odpadnih voda kot nadgradnja operativnih programov pa z realnimi kazalci dokazujejo, katere variante v smislu dolžine kanalizacije in majhnih čistilnih naprav so ekološko in ekonomsko najbolj upravičene.

V idejnih rešitvah na podlagi finančnih izračunov izdelajo variantne predloge odvajanja in čiščenja odpadne vode. Tako kratko kanalsko omrežje skupaj z rastlinskimi čistilnimi napravami, ki so navedene tudi v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 98/2007), omogoča občinam, da lahko po prioritetah in z relativno nizkimi investicijami rešujejo probleme odvajanja in čiščenja odpadnih voda v svoji občini.



Glede na zastavljene hipoteze, ki smo si jih zastavili, ugotavljamo naslednje.

Hipoteza 1: Odstotek izpusta odpadne vode se z leti povečuje.

Ta predpostavka deloma drži. Količina odpadnih voda je v zadnjih desetih letih postopoma naraščala, le v letih 2011 in 2012 je bila glede na prejšnje leto nižja.

Hipoteza 2: Največji vir odpadne vode so gospodinjstva.

Ta predpostavka ne drži. Največ odpadne vode, skoraj 60 %, izvira iz drugih povzročiteljev odpadnih voda, med katere spadajo padavinska voda, zaledna voda in udori iz morja. Drugi največji izvor je skoraj tretjina vseh odpadnih voda iz gospodinjstev. Količina odpadne vode v gospodinjstvih se je v obdobju 2003–2012 (SURIS, 2013) zmanjšala za kar 24 %.

Hipoteza 3: Onesnaženje vode povzroča človek s svojo dejavnostjo.

Ta predpostavka le delno drži. Onesnaževanje vod lahko razdelimo na naravno onesnaževanje, ki ga povzroča narava s svojim spreminjanjem (npr. onesnaževanje z zemljino, ki ga povzroča močno deževje) in na antropogeno onesnaževanje, ki ga povzroča človek s svojo dejavnostjo, tako v naseljih (komunalne odpadne vode) kot z intenzivnim kmetijstvom ali industrijo.

Hipoteza 4: Onesnažena voda ima velike posledice na človekovo zdravje.

Ta predpostavka drži. Onesnažena voda lahko vsebuje patogene organizme, kot so bakterije in virusi. Bolezni, ki jih dobimo z onesnaženo vodo, so kolera, tifus, paratifus, diareja in griža.

Hipoteza 5: Anaerobno čiščenje zadošča za čiščenje odpadne vode.

Ta predpostavka ne drži, saj za koncentrirane odpadne vode samo anaerobno čiščenje običajno ne zadošča, ker razgradnja organskih snovi ni popolna. Anaerobna obdelava je v snovi predhodna, zato potrebujemo še končno aerobno obdelavo pred izpustom v vodotok.

Hipoteza 6: Biološke čistilne naprave nadomeščajo klasične greznice v vseh pogledih.

Ta predpostavka ne drži. V greznicah se odpadna voda le delno prečisti, prečiščena odpadna voda pa ne ustreza standardom za izpust v okolje. Biološke naprave so nadomestilo za klasično greznico. Razlike med obema čistilnima napravama sta v stroških. Klasično greznico je treba čistiti mesečno in posledično mesečno odvažati delno prečiščeno odpadno vodo na komunalno čistilno napravo. Iz biološke čistilne naprave priteče prečiščena voda, zato ne obremenjuje okolja (kot jo klasična greznica). Investicija v obe čistilni napravi je skoraj enaka.

Hipoteza 7: Lagune so čistilne naprave z naravnimi procesi čiščenja, njen čas čiščenja pa je krajši oziroma enak kot v ostalih čistilnih napravah.

Ta predpostavka ne drži. Lagune so čistilne naprave z naravnimi procesi čiščenja, vendar je zadrževalni čas odpadne vode običajno daljši kot v ostalih čistilnih napravah, zato je dosežena večja učinkovitost čiščenja patogenih bakterij in virusov, saj v tem času odmrejo. Lagune potrebujejo večje površine za bazene, še posebej v hladni klimi, ko so procesi čiščenja počasnejši in je potreben daljši zadrževalni čas odpadne vode. Prednost lagun je v tem, da ne potrebujejo večjega vzdrževanja.

## 7 VIRI IN LITERATURA

- Dolenc, B. (2004). *Male čistilne naprave in možnosti financiranja njihove izgradnje*. Maribor, Diplomsko delo univerzitetnega študija.
- Goršek, A. (2006). *Bioreakcijska tehnika, zbrano gradivo*. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru.
- Gradbeniški priročnik. (2012). 5. Dopolnjena izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.
- Klemenčič, T. (1997). *Komunalno gospodarstvo*. Ljubljana, Založba Potens, d.o.o.
- Kolar, J. (1983). *Odvod odpadne vode iz naselij in zaščitna voda*. Ljubljana, Državna založba Slovenije.
- Komunala Tolmin. *Odpadne vode*. <http://www.komunala-tolmin.si/kanalizacija.php>, 26.10.2011.
- Kurbus, T. (2008). *Razvoj visoko učinkovitega postopka čiščenja odpadnih vod v šaržnem biološkem reaktorju*. Ljubljana, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.
- Naveršnik, B., Šterbenk, El. (2005). *Local agendas and sustainable oriented development programs of local communities*. Velenje: Environment and economy: Gorenjski tisk Kranj.
- Naveršnik, B. (2006). *Financiranje izgradnje komunalne infrastrukture ob pomoči EU*. Magistrske naloga. Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta.
- Naveršnik, B. (2006). *Sistemi financiranja komunalnega gospodarstva*. Velenje. Šolski center Velenje - Višja strokovna šola: Študijsko gradivo. Velenje.
- Naveršnik, B. (2010). *Varstvo okolja in zakonodaja*. Šolski center Velenje – Višja strokovna šola: Študijsko gradivo. Velenje.
- Odlok o čiščenju komunalnih odpadnih in padavinskih voda, Uradni list RS, št. 42/08.
- Panjan, J. (2001). *Čiščenje odpadnih voda*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezije.
- Panjan, J. (2001). *Odvodnjavanje onesnaženih voda*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode. Uradni list RS, št. 10/2002.
- Premzl, B. (2001). *Čiščenje odpadnih vod v malih čistilnih napravah, diplomsko delo*. Visoka šola za zdravstvo, oddelek za sanitarno inženirstvo. Univerza v Ljubljani.
- Radonič, M. (1980). *Vodovod: Kanalizacija u zgradama*. Beograd, Građevinska knjiga.
- Rebernik, M, Repovž, L. (2000). *Podjetniški proces, Od ideje do denarja*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
- Roš, M. (2001). *Biološko čiščenje odpadne vode*. Ljubljana, GV založba.
- Roš, M. Zupanič, G. D. (2010). *Čiščenje odpadnih voda*. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.
- Roš, M., Simonič, M. & Šoštar Turk, S. (2005). *Priprava in čiščenje vod*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Roš, M. (2005). *Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata*. Ljubljana, Kemijski inštitut.
- Steinman, F. (1999). *Hidravlika*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Turk, D. (2008). *Delovanje komunalne čistilne naprave in možnost uporabe produktov čiščenja*. Nova Gorica, diplomsko delo, Fakulteta za znanost o okolju.
- Ugrin, H. (2010). *VARIANTNE IZVEDBE ODVAJANJA IN ČIŠČENJA ODPADNIH VODA*. Ljubljana.
- Urbančič, U., Toman, M. (2003). *Čistilne naprave*. V: Urbanič, U., Toman, M. *Varstvo celinskih voda*. Ljubljana, Študentska založba.

- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju vode iz komunalnih čistilnih naprav, Uradni list RS, št. 45/07.
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS, št. 98/07.
- Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu, Uradni list RS, št. 62/02.
- Uredba o ravnanju z odpadki, Uradni list RS, št. 34/08.
- Vahtar, M., Zdešar, M. (2005). *Kako se reka očisti?* Domžale, ICRO.
- Vavče, S. (2010). *Problematika čiščenja odpadnih vod v odročnih naseljih, diplomsko delo*. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Univerza v Mariboru.
- Zakon o varstvu okolja (ZVO-1), Uradni list RS, št. 41/04.
- Zakon o vodah (ZV-1), Uradni list RS, št. 67/02.
- Zupančič, G., Novak N., Lobnik A. (2012). *Energijsko pozitivno čiščenje odpadnih voda*. Ljubljana.
- Žinko, B. (2009). *Čiščenje in odvajanje odpadnih voda v razpršenih naseljih*, diplomsko delo. Maribor: Višja strokovna šola Maribor.