

Kućanske otpadne vode

Ovčariček, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:804519>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Stjepan Ovčariček

KUĆANSKE OTPADNE VODE

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2017.

KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF SAFETY AND SECURITY

Stjepan Ovčariček

DOMESTIC WASTEWATER

FINAL WORK

KARLOVAC, 2017.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Stjepan Ovčariček

KUĆANSKE OTPADNE VODE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Zlatko Jurac, prof. v.š.

KARLOVAC, 2017.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

ZAVRŠNI RAD

Student: STJEPAN OVČARIČEK

Matični broj: 0416613071

Naslov teme:

KUĆANSKE OTPADNE VODE

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada je opisati uređaj za pročišćavanje kućanskih otpadnih voda, funkcioniranje, princip rada te prednosti i nedostaci u odnosu na konvencionalne uređaje za pročišćavanje kućanskih (sanitarnih) otpadnih voda.

Zadatak zadan:

01/2017.

Rok predaje rada:

03/2017.

Predviđeni datum obrane:

04/2017.

Mentor:

Dr.sc. Zlatko Jurac, prof. v.š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr. sc Igor Peternel, v. pred.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PODJELA VODA	2
2.1 oborinske vode	3
2.2 površinske vode	3
2.3 podzemne vode	4
3. OTPADNE VODE	4
3.1 vrste otpadnih voda prema izvoru njihovog nastanka	5
3.1.1 komunalne otpadne vode	5
3.1.2 industrijske otpadne vode	5
3.1.3 poljoprivredne otpadne vode	5
3.1.4 oborinske otpadne vode	5
3.2 glavni pokazatelji svojstava otpadnih voda	7
4. OSNOVNE METODE I PROCESI PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA	13
4.1 prethodno pročišćavanje	15
4.2 prvi stupanj pročišćavanja	17
4.3 drugi stupanj pročišćavanja	18
4.4 treći stupanj pročišćavanja	19
5. KUĆANSKE OTPADNE VODE	20
5.1 podjela kućanskih otpadnih voda prema stupnju biološke razgradnje	20
5.2 prosječni sastav otpadnih voda iz kućanstva	21
5.3 podjela kućanskih otpadnih voda	24
5.4 potrošnja vode za kućanske potrebe	26
6. BILJNI UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	27
6.1 tipovi biljnih uređaja	28
6.1.1 biljni uređaj sa slobodnim vodnim licem (BUSV)	29
6.1.2 biljni uređaji s podpovršinskim tokom (BUPT)	31
6.1.3 hibridni biljni uređaji (HBU)	32
6.2 močvarna vegetacija	35
6.2.1 uloga močvarne vegetacije	35
6.3 septički tank	36
7. PREDNOSTI I NEDOSTATCI BILJNIH UREĐAJA	39

8. ZAKON O VODAMA	40
8.1 zakon o financiranju vodnog gospodarstva	40
8.2 upravljanje vodama	41
8.3 zaštita voda	42
8.4 ispuštanje, odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda	43
8.5 granične vrijednosti emisija otpadnih voda	43
8.6 vodopravna dozvola	44
9. ZAKLJUČAK	45
10. LITERATURA	46

BILJNI UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Sažetak: Otpadne vode se moraju pročistiti prije ispuštanja u recipijent. Jedan od načina pročišćavanja otpadnih voda je pročišćavanje biljnim uređajima. Biljni uređaji su kompleksni biološki sustavi koji oponašaju procese u prirodi. Jednostavan su, prihvatljiv i ekonomski opravdan način zaštite voda. U radu su opisani biljni uređaji (umjetne močvare) kroz vrste uređaja, njihove prednosti i nedostatci.

Ključne riječi: otpadne vode, pročišćavanje, biljni uređaji, okoliš

CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT

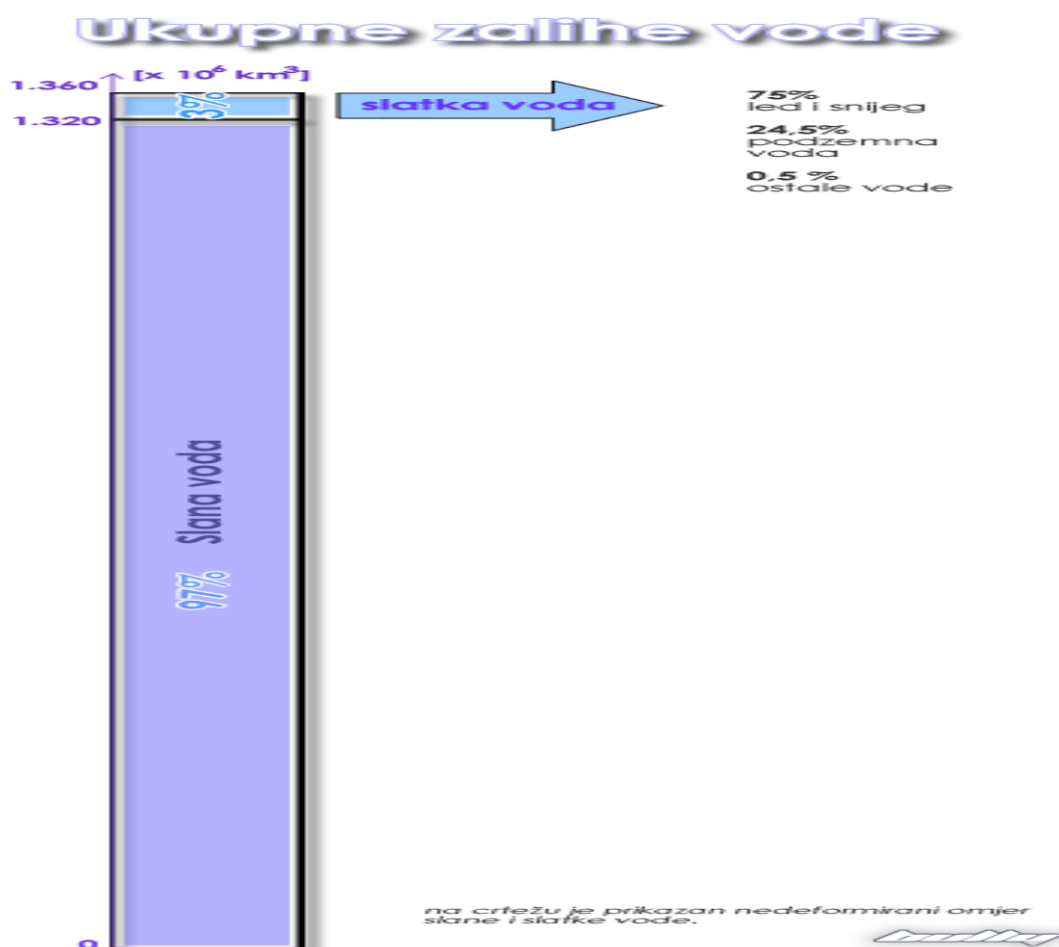
Abstract: Wastewater must be treated prior to discharge into the recipient. One way of treating wastewater is constructed wetland for wastewater treatment. Constructed wetlands are complex biological systems that mimic the processes in nature. These systems are simple, acceptable and economically feasible way of water protection. This paper describes the constructed wetlands through device types, their advantages and disadvantages.

Keywords: wastewater, wastewater treatment, constructed wetland, environment

1. UVOD

Voda je najrasprostranjenija kapljevina (tekućina) na Zemlji i najvažnije (polarno) otapalo koje otapa kapljevine, plinove i mnogobrojne krutine.

Voda zbog polarnosti posjeduje izvrstan kapacitet da otapa različite vrste tvari. Molekula vode (H₂O) sastoji se od dvaju atoma vodika i atoma kisika. Voda je bitan sastojak živih organizama (maseni udio vode do 90%) i nužna je za život svih živih organizama. Znanstvenici tvrde da se živa bića najvećim dijelom sastoje od vode i da ona čini tri četvrtine ukupne površine Zemlje. Osim za piće, pripremu hrane i za pranje, voda se uvelike koristi za navodnjavanje poljodjelskoga tla. Voda kao dobro otapalo opskrbljuje biljke mineralnim tvarima i nužna je za fotosintezu. Voda nije samo otapalo u kojem funkcioniraju enzimi nego i izravni metabolit; supstrat je u svim hidrolitičkim, a nusprodukt u mnogim biosintetskim reakcijama.



Slika 1. Omjer slane i slatke vode

Živi organizam neprekidno uzima i otpušta vodu, što se naziva ciklusom vode. Vodeni organizmi izmjenjuju vodu difuzijom. Kod kopnenih biljaka ta se izmjena odvija pretežno fizikalnim mehanizmima (kapilarne sile u korijenu; transpiracija). Kopnene životinje i čovjek moraju piti vodu ili ju pribaviti hranom koja sadrži vodu. Vodu gube mokraćom, izmetima, disanjem i znojenjem. Znojenje je u mnogih organizama dio procesa termoregulacije.

Ključni je uvjet održivoga razvoja održavanje čistoće vode u prirodnim spremištima i vodotocima. Sprječavanje zagađivanja voda najvažniji je dio zaštite okoliša (provodi se aerobna obrada otpada i ispitivanje kakvoće vode). Količine pitke vode na zemlji nažalost su smanjene. Poznato je da bez vode nema života.

Starogrčki filozofi smatrali su vodu početkom svega, stoga nije pretjerano reći da je voda sam život i zato nema cijenu. Ponekad ni sami nismo svjesni vrijednosti toga blaga, ali i mnoštva čimbenika koji sutra to blago mogu pretvoriti u bezvrijednu tekućinu ako ne budemo dovoljno odgovorni i razumni. Svjetski dan voda obilježava se svake godine 22. ožujka.



Slika 2. Kruženje vode u prirodi

2. PODJELA VODA

Prema nastanku odnosno pojavi voda se obično dijeli na:

- oborinsku,
- površinsku i
- podzemnu.

Voda se često dijeli i prema kakvoći, koja je kriterij za njezinu upotrebljivost, pa se tako razlikuju:

- voda za piće,
- tehnološka voda ,
- rashladna voda i
- na kraju otpadna voda kao rezultat njezina korištenja.

Kakvoća vode ustanovljuje se analizom. Podjela vode na takav način ima i svoje praktično značenje jer svaka vrsta vode ima svoje specifičnosti.

2.1. oborinske vode

Bitan su sastav hidrološkog ciklusa. Dugo se mislilo da je oborinska čista voda, ali danas je poznato da se već pri prolasku kroz atmosferu oborinska voda obogati prvim sastojcima nečistoće. To mogu biti plinovi, krute čestice, aerosoli i mikroorganizmi koji lebde u atmosferi pokretani vjetrom i zračnim strujama. Oborinske vode na području naselja i industrijskih pogona nisu čiste vode, njihova kakvoća vezivanja je ispiranje zraka iznad naselja kao i ispitivanje taloga i površina preko kojih voda otječe.

2.2. površinske vode

Površinske vode dijele se u dvije skupine to su morska voda i kontinentalna voda koja se dalje dijeli na tekućice –rijeke i potoke te na stajaćice-jezera, akumulacije. Površinske vode nastaju od oborinske vode pripadajućeg slivnog područja te iz podzemnih dotoka. Onečišćenje uglavnom prouzroče otpadne vode kao što su gradska voda, industrijska voda i voda koja ispire poljodjelske i prometne površine te odlagališta otpada. Za sve površinske vode bitno je da se ustanovi kolika je sposobnost njihova samopročišćavanja, koja omogućuje da se odvijanjem prirodnih procesa razgradi u prvom redu organska tvar i na taj način voda opet zadobije svoju prvobitnu kakvoću. To je presudno onda kada se određuju tehnologija i stupanj pročišćavanja otpadnih voda koje će se ispustiti u površinski vodni sustav.

2.3. podzemne vode

Nastaju od vode koja ponire s površine tla, odnosno od oborinske i površinske vode koja prodire kroz šupljine između čestica tla ili kroz pukotine stijena. Prema podrijetlu šupljine ili pore dijele se na primarne i sekundarne. Primarne pore nastale su istodobno sa stijenom kao šupljine zaostale između istaloženih zrna, a sekundarne pore nastaju pucanjem stijena. Ponirajući kroz tlo, voda dolazi u dodir s česticama tla i u sebe prima razne sastojke, što ovisi o geološkim uvjetima, ali i o ljudskim aktivnostima na području sliva.

U podzemne vode se ubrajaju i vodena para kondenzirana u porama tla-vadozna voda, kao i kondezati u stijenama-juvenilna voda. Kakvoća odnosno sastav podzemne vode uvelikoj mjeri ovisi o kemijskom sastavu geoloških formacija i otopljivosti stijena kroz koje prolazi voda. Na krškom području podzemne vode su pukotinske, to znači da ne postoji zemljani sloj kroz koji bi se podzemna voda pročistila na prirodan način. Sastav i kakvoća ovih voda općenito se smatraju dobrima i ona se najčešće iskorištavaju u vodoopskrbi ali prije upotrebe treba dobro analizirati kemijski sastav.

3. OTPADNE VODE

Ovaj pojam obuhvaća sve vode koje su upotrebom promijenile svoj prvobitni sastav tj. svoje fizikalne, kemijske i biološke karakteristike.

Otpadne vode su vode s otopljenim i suspendiranim otpadnim tvarima iz domaćinstava, industrije i poljoprivrede. Sirove su otpadne vode zagađivala, koja u prirodne vode (rijeke i mora) dopijevaju sustavom kanala ili oborinskim vodama procesom ispiranja tla. Zbog složenoga sustava otpadnih voda potreban je niz postupaka za pročišćavanje, koji omogućuju ponovnu uporabu ili neopasno ispuštanje u prirodne vode. Zagađivanje vode industrijskim otpacima stvara u novije doba veliku opasnost za održavanje biološke ravnoteže u rijekama, jezerima i morima.

3.1 vrste otpadnih voda prema izvoru njihovog nastanka

3.1.1 komunalne otpadne vode

Komunalne otpadne vode uključuju otpadne vode iz javnih prostora, kućanstava te malih industrijskih pogona. Isto tako, razrijeđene do koncentrirane mješavine urina, papira, deterdženata, fekalija, plastike, kemikalija i masnoća iz industrije i domaćinstava pripadaju okviru komunalnih otpadnih voda. Uslijed pritoka otpadnih voda od pranja automobila, iz restorana ili pak praonica dolazi do povećanja ove vrste otpadnih voda.

3.1.2 industrijske otpadne vode

Ove otpadne vode su specifične za svaki pojedini proizvodni proces jer i potječu od različitih postrojenja te procesa koji se odvijaju u velikim i malim industrijama. Različite procijeđene vode koje nastaju procijeđivanjem kišnice kroz otpad koji nije pokriven, što se često događa na odlagalištima otpada, također pripadaju ovoj skupini voda. Njezina definicija uključuje i razrijeđenu do koncentriranu mješavinu emulzija nekoliko ili mnogo biorazgradivih i/ili nerazgradivih kemikalija.

3.1.3 poljoprivredne otpadne vode

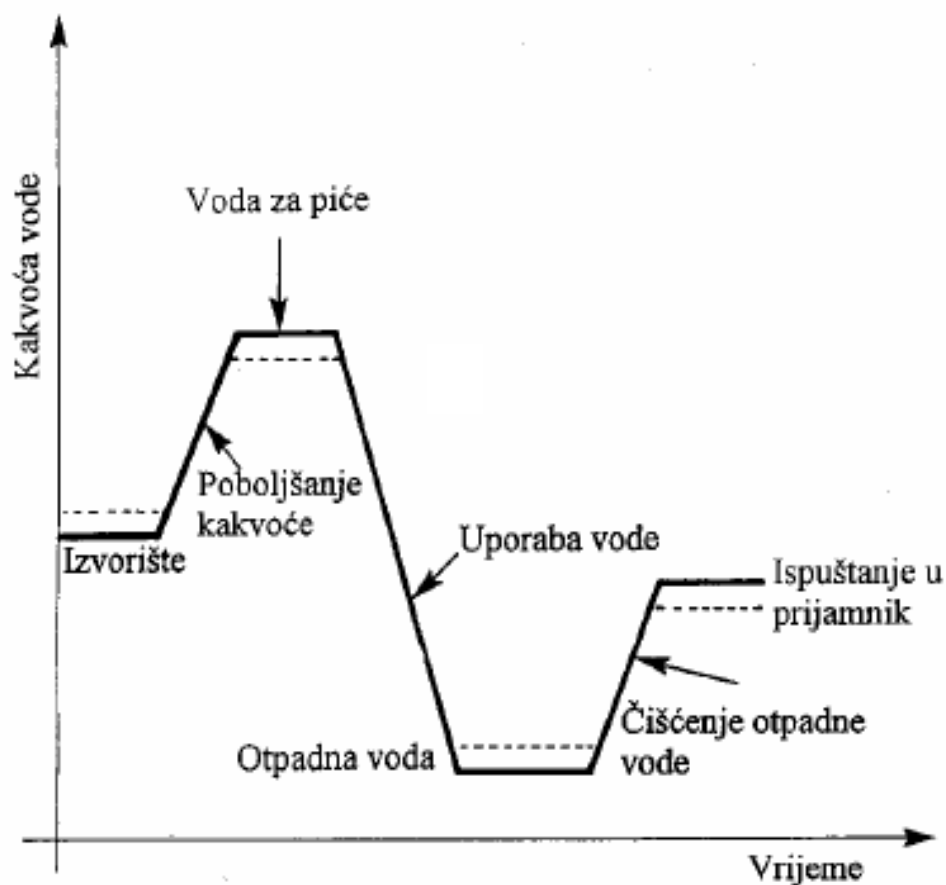
Uslijed stalnih poljoprivrednih aktivnosti vezanih uz različite grane uzgoja i proizvodnje kao što su mljekarstvo, tovilišta, ribarstvo ili svinjogojske farme dolazi do nastanka poljoprivrednih otpadnih voda. To su razrijeđene do koncentrirane otopine biorazgradivih tvari te se provode kroz postupak obrade tj. pročišćavanja vrlo malo ili se pak uopće ne provode.

3.1.4 oborinske otpadne vode

Za ovu vrstu otpadnih voda je karakteristična tipično razrijeđena smjesa mineralnih i organskih krutina te otopljenih soli, nutrijenata i tvari koje se javljaju u tragovima. One uključuju slivne vode sa seoskih, gradskih te prigradskih površina. Neke od njih se obrađuju kao što su vode sakupljene s prometnih površina.

Tablica 1 nečistoće u vodi

HETEROGENI SISTEMI		HOMOGENI SISTEMI	
A	B	C	D
Suspenzije i emulzije: - tvari koje uzrokuju mutnoću, - mikroorganizmi, - planktoni	Koloidalne otopine: - koloidni i visokomolekularni spojevi koji utječu na kapacitet oksidacije i boju vode	Molekularne otopine: - plinovi topivi u vodi, - organske tvari koje utječu na miris i okus vode	Ionske otopine: - soli, kiseline i lužine koje utječu na tvrdoću i alkalnost vode



Slika 3. Promjena kakvoće vode uporabom

Tablica 2 glavni pokazatelji svojstava otpadnih voda

GLAVNI POKAZATELJI SVOJSTAVA OTPADNIH VODA	
KRUPNI OTPACI	papir, krpe, kore od voća i ostali krupniji organski i sintetski otpaci Za razgradnju krupnih organskih otpadaka troši se kisik
RASPRŠENE I OTOPLJENE TVARI	krupnije čestice od otopljenih tvari koje se u otpadnim vodama nalaze u obliku iona i molekula uzrokuju promjenu boje u vodi, povećavaju mutnoću vode što sprječava prodiranje svjetlosti, usporava fotosintezu, povećava se anaerobna zona razgradnje organske tvari zbog smanjene količine kisika, stvaranje plinova neugodnog mirisa
MIKROORGANIZMI	mikroorganizmi razlagači (saprofagni) - biološki razgrađuju organsku tvar do anorganske, troše otopljeni kisik, dijele se prema optimalnoj temperaturi na: a) kriofilne (psikrofilne) s optimalnom temperaturom, $T = 0$ do $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ b) mezofilne s optimalnom temperaturom, $T = 20$ do $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ c) termofilne s optimalnom temperaturom, $T > 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja (fekalni) - patogeni mikroorganizmi mogu biti uzročnici oboljenja (tifusa, paratifusa, hepatitisa, tuberkuloze, dizenterije). Bolesti se mogu prenijeti kupanjem u nečistoj vodi i naročito konzumiranjem proizvoda iz vode (školjke koje se jedu sirove).
HRANJIVE SOLI	nastaju procesom razgradnje organske tvari iz otpadnih voda ispuštenih u prirodne i umjetne prijemnike. Soli dušika i fosfora sudjeluju u stvaranju bjelancevina koje potiču razvoj planktona i zelenih biljaka
POSTOJANE TVARI	organske ili sintetske biološki nerazgradive ili teško (sporo) razgradive tvari mineralna ulja – na vodnoj površini stvaraju tanku prevlaku što zbog ometanja otapanja kisika iz zraka smanjuje količinu otopljenog kisika u vodi, otrovna su za žive organizme u vodi (konc. $< 1\text{ mg/l}$) pesticidi – sredstva za zaštitu bilja, u vodu dospijevaju ispiranjem poljoprivrednog zemljišta

	<p>deterdženti – u vodne sustave unose znatne količine fosfata</p> <p>a) tvrdi deterdženti – na vodnoj površini stvaraju pjenu i time smanjuju otapanje kisika iz zraka,</p> <p>b) meki deterdženti lakše se razgrađuju, ali su dva do četiri puta otrovniji od tvrdih deterdženata</p> <p>plastične tvari – nalaze se u kućanskim i industrijskim otpadnim vodama u obliku konca, mrežica i vrećica</p>
OTROVNE TVARI	<p>svojim količinama i svojstvima uzrokuju bolesti živih organizama, nenormalno ponašanje, kancerogene i genetičke promjene, fiziološke smetnje, fizičke deformacije i smrt</p> <p>a) teški metali – živa, kadmij, olovo, nikal, cink, srebro, selen, mangan, krom, bakar, željezo</p> <p>b) otrovni spojevi – cijanidi, kromati, fluoridi</p>
RADIOAKTIVNE TVARI	<p>u vodi mogu biti prirodnog i umjetnog porijekla</p> <p>a) prirodni izvori zračenja – radioaktivni elementi litosfere i svemirska zračenja</p> <p>b) umjetni izvori zračenja – nalaze se u vodama nuklearnih elektrana, i u vodama iz industrijskih pogona u kojima se koriste radionuklidi</p> <p>povećano zračenje može uzrokovati genetičke promjene, sterilnost, kancerogene bolesti i smrt živih organizama.</p>
OTOPLJENI PLINOVI	<p>najvažniji je kisik koji je bitan za život velikog broja organizama u vodi, nalazi se u otopljen u vodoopskrbnoj vodi, određena količina kisika dobije se i njegovim obnavljanjem iz zraka (dodirom zraka i slobodne površine otpadnih voda), procesom fotosinteze</p> <p>ugljični dioksid dolazi otapanjem iz zraka i razgradnjom organske tvari</p> <p>sumporovodik nastaje razgradnjom organskih i nekih anorganskih spojeva</p>
POVIŠENA TEMPERATURA VODE	<p>posljedica je ispuštanja rashladnih voda iz industrijskih postrojenja toplija voda sadrži manje otopljenog kisika, a ubrzava metabolizam živih organizama, te se kisik brže troši, mijenjaju se životni uvjeti staništa, potpuno isčezavaju organizmi koji trebaju više kisika i počinje anaerobna razgradnja mrtve organske tvari</p>

Uz ove, u otpadnim vodama mogu biti prisutne i druge tvari (eksplozivne, zapaljive i korozivne tvari, kiseline i lužine) koje mogu biti štetne za kanalizacijsku mrežu i građevine na njoj, a također mogu nepovoljno djelovati i na procese pročišćavanja otpadnih voda. Stoga se u načelu provodi prethodno pročišćavanje (predtretman) ovakvih otpadnih voda.

U standardnim prilikama glavnu onečišćenja (zagađenja) otpadnih voda (poglavito kućanskih) predstavljaju organske tvari za čiju se razgradnju troši otopljeni kisik iz vode. Prema tome, stupanj onečišćenja otpadnih voda organskom tvari u izravnoj je vezi s količinom kisika potrebnom za oksidaciju, odnosno razgradnju, tvari.

Količina kisika potrebna da se razgradi biološki razgradiva organska tvar u vodi posredstvom aerobnih mikroorganizama naziva se **biološka ili biokemijska potrošnja kisika (BPK)**.

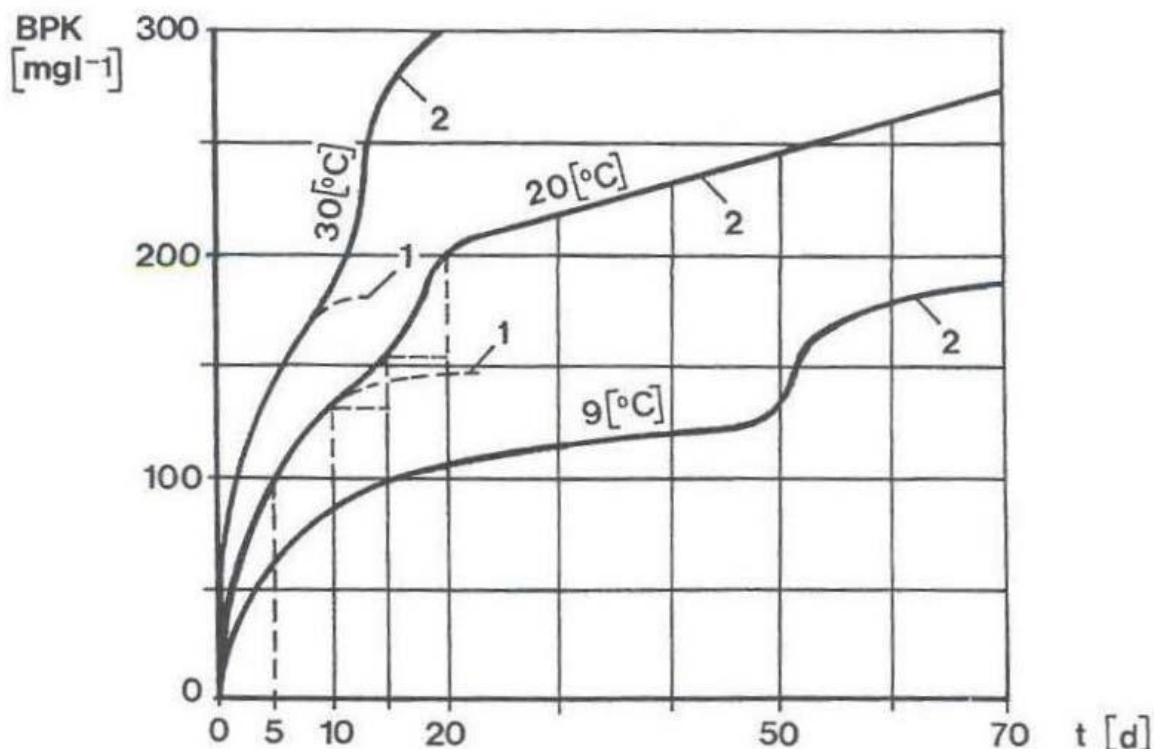
Ukupna biološka potrošnja kisika (BPK_{ukup}) je količina kisika potrebna za potpunu razgradnju organske tvari.

Radi kvantificiranja opterećenja otpadnih voda organskom tvari za praktične je potrebe uveden pokazatelj **petodnevne biološke potrošnje kisika (BPK5)**.

BPK5 se određuje tako da se relativno mala količina otpadne vode razrijedi u znatno većoj količini destilirane vode bogate otopljenim kisikom. Ta se smjesa stavi u bocu u kojoj nema zraka i drži u njoj 5 dana na temperaturi 20 [°C]. Nakon toga se odredi koliko je otopljenog kisika potrošeno, te se ta količina izrazi u miligramima kisika na litru otpadne vode.

Orijentacijski, za kućanske otpadne vode BPK5 iznosi do 400 [mg l⁻¹].

Ako bi se potrošnja kisika prikazala kumulativnom krivuljom u funkciji vremena, dobio bi se dijagram, slika 4.



Slika 4 Dijagram biološke potrošnje kisika za tri različite temperature vode
1 – prva faza; 2 –druga faza

Na dijagramu možemo uočiti:

- da se otopljeni kisik troši brže što je viša temperatura vode,
- da se proces oksidacije organske tvari odvija u dvije faze.

Prva faza, u kojoj dolazi do oksidacije ugljikove tvari (**dekarbonizacija**), traje relativno kratko, a druga faza, u kojoj dolazi do oksidacije dušikove tvari (**nitrifikacija**), traje puno dulje.

Utvrđeno je da je BPK svakog dana prve faze kod iste temperature u određenom odnosu s BPK nakon drugog dana prve faze i s ukupnim BPK prve faze. Time je dobivena mogućnost uvida u stanje koje će se u prijemniku događati tokom vremena.

U tablici 1 prikazani su podaci s kojima su biološke potrošnje kisika pri različitim temperaturama, [°C], i vremenima, [d], izražene u odnosu na vrijednost BPK₅ (pri 20 [°C]). Podcrtane vrijednosti označavaju približno prijelaz na drugu fazu oksidacije organske tvari (nitrifikaciju).

Tablica 3 Podaci za proračun vrijednosti BPK

Dani	TEMPERATURA [°C]						
	5	10	15	20	25	30	35
1	0,11	0,16	0,22	0,30	0,41	0,54	0,70
2	0,21	0,30	0,40	0,54	0,71	0,91	1,14
3	0,31	0,41	0,56	0,73	0,93	1,17	1,42
4	0,38	0,52	0,63	0,88	1,11	1,35	<u>1,60</u>
5	0,45	0,60	0,79	1,00	1,23	1,47	1,71
6	0,51	0,68	0,88	1,10	1,31	<u>1,56</u>	1,78
7	0,57	0,75	0,95	1,17	1,40	1,62	1,82
8	0,62	0,80	1,01	1,23	<u>1,45</u>	1,66	1,85
9	0,66	0,85	1,06	1,28	1,49	1,69	1,87
10	0,70	0,90	1,10	<u>1,32</u>	1,52	1,71	1,88
12	0,77	0,97	<u>1,17</u>	1,37	1,56	1,73	1,89
14	0,82	1,02	1,21	1,40	1,58	1,74	1,90
16	0,85	<u>1,06</u>	1,24	1,43	1,59	1,75	-
18	0,9	1,08	1,27	1,44	1,60	1,76	-
20	<u>0,92</u>	1,10	1,28	1,45	1,61	-	-
25	0,97	1,14	1,3	1,46	-	-	-
Prva faza	1,02	1,17	1,32	1,46	1,61	1,76	1,90

Otpadne vode mogu biti različitog podrijetla o čemu ovisi i njihov kemijski sastav. Karakterizacija otpadnih voda vrlo je bitna kako bi se postiglo učinkovito i ekonomski prihvatljivo uklanjanje potencijalno onečišćujućih tvari.

Određuje se prema:

fizikalnim osobinama,

kemijskim svojstvima i

biološkim karakteristikama.

Kako bi se mogla odabrati što bolja obrada, a ovisi o sastavu proizvoda koji se proizvodi, sastav otpadne vode ovisi o sirovini, tehnološkim postupcima te o otpadnim produktima.

Kemijski spojevi u otpadnim vodama imaju potencijalno negativan učinak na biološki sustav te ujedno otežavaju uspješnu biološku obradu. Utjecaj otpadnih voda na floru i faunu varira ovisno o svojstvima otpadne vode. Najviše se treba usredotočiti na dušik i fosfor jer oni utječu na biološku aktivnost i eutrofikaciju u vodama. Organski spojevi stimuliraju rast organizama što uzrokuje smanjenje otopljenog kisika.

Tablica 4 onečišćenja otpadnih voda

ONEČIŠĆENJA		
KEMIJSKA	BIOLOŠKA	FIZIKALNA
uzrokovana su prisustvom kiselina, lužina, raznih soli, pesticida, fenola i drugih organskih tvari Ovi spojevi su opasni za ljudsko zdravlje, toksični za ribe, životinje i biljke. Ometaju uobičajeni proces pročišćavanja zagađenih voda.	biološki onečišćivači voda su bakterije, virusi, alge i drugi zarazni organizmi. Za čovjeka su najopasniji infekcijski mikroorganizmi koji izazivaju razne zarazne bolesti.	toplinsko onečišćenje (kao posljedica ispuštanja toplih voda, najčešće rashladnih voda iz industrijskih i energetske objekata), promjene boje vode te pojavu mirisa, radioaktivnih tvari, suspendiranih čvrstih tvari, pijesak, mulj itd.

U Republici Hrvatskoj velik broj stanovnika nije priključen na kanalizacijski sustav, već probleme otpadnih voda rješavaju individualno, uglavnom na načine koji nisu povoljni za okoliš. Problem leži u neodgovarajućem ispuštanju otpadnih voda iz pojedinih naselja i industrija, gdje se pojavljuje niz ispusta otpadne vode duž vodotoka uglavnom bez ikakve prethodne obradbe. Najučinkovitija zaštita površinskih i podzemnih voda te obalnog mora može se postići ako se otpadne vode pročiste prije ispusta i ako se dobro izvede kanalizacijski sustav (važno je osigurati nepropusnost).¹

Fizikalne, kemijske, biološke i bakteriološke osobine prijemnika su uglavnom sadržane u ovim pokazateljima:

- (a) boji, mirisu i okusu,
- (b) mutnoći,
- (c) temperaturi,
- (d) koncentraciji vodikovih, H⁺, iona,
- (e) elektroprovodljivosti,
- (f) ukupnom suhom ostatku,
- (g) ukupnoj tvrdoći,
- (h) otopljenim plinovima,
- (i) otopljenim, koloidnim i lebdećim organskim i anorganskim tvarima,
- (j) mikroorganizmima,
- (k) životnim (biljnim i životinjskim) zajednicama.

Ispuštanjem otpadnih voda u prijemnike dolazi do promjene vrijednosti ovih pokazatelja, odnosno do promjene svojstava prijemnika. Promjena je toliko izraženija koliko je niži stupanj pročišćavanja otpadnih voda. Sukladno prethodnim tumačenjima možemo zaključiti da je temeljni problem sadržan u tome što se s otpadnim vodama ispuštaju i znatne količine razgradivih otpadnih tvari, čime se osjetno povećava potrošnja otopljenog kisika iz prijemnika. Dodatno, kisik troši vodna flora i fauna, uključujući i mikroorganizme (prvenstveno bakterije) koji u isto vrijeme konzumiraju kisik i organsku tvar kojom se hrane.

4.OSNOVNE METODE I PROCESI PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Pročišćavanje otpadnih voda obavlja se primjenom

- (a) fizikalnih,
- (b) bioloških i
- (c) kemijskih postupaka ili procesa,

S obzirom na primijenjene postupke i procese, uobičajeno razlikovati:

- (A) prethodno pročišćavanje (preliminarno pročišćavanje),
- (B) prvi stupanj (I) pročišćavanja (primarno pročišćavanje),
- (C) drugi stupanj (II) pročišćavanja (sekundarno pročišćavanje),
- (D) treći stupanj (III) pročišćavanja (tercijarno pročišćavanje).

PRETHODNO PROČIŠĆAVANJE

Uklanjanje krupnijih plivajućih tvari, šljunka, pijeska, ulja i masti



PRVI (I) STUPANJ PROČIŠĆAVANJA

Uklanjanje raspršenih tvari, primjena fizikalnih i/ili kemijskih postupaka pročišćavanja, taloženje raspršenih tvari, BPK5 ulaznih otpadnih voda smanjuje za najmanje 20 [%] prije ispuštanja, a ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda za najmanje 50 [%].



DRUGI (II) STUPANJ PROČIŠĆAVANJA

Uklanjanje otopljenih biorazgradivih (organskih) tvari, primjena bioloških postupaka pročišćavanja, sekundarnim taloženjem i/ili druge postupke. uklanjanje najmanje: 90 [%] suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda (granična vrijednost 35 [mg l-1]); 70 [%] BPK5 ulaznih otpadnih voda (granična vrijednost 25 [mg l-1]); 75 [%] KPK ulaznih otpadnih voda (granična vrijednost 125 [mg l-1]).

ili



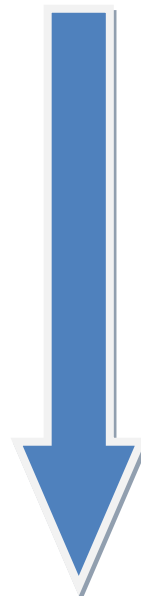
TREĆI (III) STUPANJ PROČIŠĆAVANJA

Uklanjanje fosfora i dušika, drugi stupanj pročišćavanja još dodatno uklanja najmanje: 80 [%] ukupnog fosfora (granična vrijednost 2 [mg l-1] za naselja od 10 000 do 100 000 [ES] ili 1 [mg l-1] za naselja veća od 100 000 [ES]); 70 [%] ukupnog dušika (granična vrijednost 15 [mg l-1] za naselja od 10 000 do 100 000 [ES] ili 10 [mg l-1] za naselja veća od 100 000 [ES]).



ISPUŠTANJE U PRIJEMNIKE

Površinske i podzemne vode, tlo



Slika 5 Procesi pročišćavanja otpadnih voda

Svako od ovih pročišćavanja provodi se na objektu s pripadnom elektrostrojarskom opremom, koji nazivamo uređaj za pročišćavanje.

Pročišćavanje otpadnih voda koje se temelji na postupcima koji se primjenjuju do uključivo drugog stupnja pročišćavanja obično se naziva **konvencionalno pročišćavanje**, dok se postupci koji se primjenjuju kod trećeg stupnja pročišćavanja nazivaju i **napredna tehnologija**.

4.1 prethodno (preliminarno) pročišćavanje

Postupci prethodnog stupnja pročišćavanja se provode radi poboljšanja kvalitete otpadnih voda (prvenstveno smanjenja krupne otpadne tvari, šljunka, pijeska, masnoća) kako bi se uklonile one tvari koje mogu oštetiti dijelove uređaje za više stupnjeve pročišćavanja, odnosno ovaj stupanj pročišćavanja prethodi prvom, a time i drugom i trećem stupnju pročišćavanja.

Tablica 4 postupci prethodnog stupnja pročišćavanja

POSTUPCI	
REŠETANJE	uklanjanja krupnih tvari (lišća, krpa, stakla, komadića drveta, plastike) iz otpadnih voda radi zaštite crpki i drugih dijelova uređaja za pročišćavanje. Ovaj se proces odvija na rešetkama, čiji učinak ovisi o slobodnom otvoru među šipkama rešetke. U kanalizaciji se uglavnom koriste: (a) grube rešetke, sa slobodnim otvorom 50 do 100 [mm], (b) srednje rešetke, sa slobodnim otvorom 10 do 25 [mm], (c) fine rešetke, sa slobodnim otvorom 3 do 10 [mm].
USITNJAVANJE	je proces koji ili potpuno zamjenjuje rešetanje ili se primjenjuje nakon prolaska otpadne vode kroz grubu rešetku. Krupne otpadne tvari usitne se (isjeku) na veličinu 3 do 8 [mm] i odvođe dalje na pročišćavanje bez opasnosti od začepljenja crpki i drugih dijelova uređaja.

TALOŽENJE	<p>primjenjuje za izdvajanje šljunka, pijeska i ostalih krupnijih čestica mineralnog porijekla iz otpadnih voda. To je potrebo radi zaštite rotora crpki, te cjevovoda od abrazije, kao i ostalih dijelova uređaja, proces se odvija u pjeskolovima.</p>
ISPLIVAVANJE	<p>proces uzlaznog kretanja čestica raspršenih u vodi kojima je gustoća manja od gustoće vode, koristi se za uklanjanje ulja i masti.</p> <p>Prirodno isplivavanje se ostvaruje kod čestica kojima je gustoća manja od gustoće vode, a stimulirano najčešće upuhivanjem komprimiranog zraka (aeracijom) u sitnim mjehurićima koji se lijepe na čestice gustoće veće od gustoće vode, koje se potom izdižu na površinu.</p> <p>Učinak flotacije ovisi: vremenu zadržavanja vode u spremniku, gustoći, veličini i masenom protoku čestica, te brzini protjecanja i temperaturi vode. Isplivavanje se odvija u flotatorima. To su jedno ili višekomorni spremnici slični taložnicima, pretežno pravokutnog tlocrta, koji ispred odvoda (izlaznog preljeva) imaju manju pregradu sa sakupljačem plivajućih tvari, a aerirani flotatori sustav za upuhivanje komprimiranog zraka.</p>
IZJEDNAČAVANJE	<p>proces zadržavanja otpadnih voda u spremniku da se izjednače temeljna svojstva vode (koncentracija vodikovih, H⁺, iona, boja, mutnoća, BPK, KPK i dr.), uz dodatne učinke zbog fizikalnih, kemijskih i bioloških promjena tokom zadržavanja.</p> <p>Radi sprječavanja taloženja i postizanja boljeg miješanja vode upotrebljavaju se mehaničke mješalice i primjenjuje se aeracija. Upuhivanjem zraka potpomaže se biološka i kemijska oksidacija otpadne tvari. Izjednačivanje se u načelu primjenjuje za industrijske otpadne vode.</p>

4.2prvi stupanj pročišćavanja

Postupcima prvog stupnja pročišćavanja se iz prethodno pročišćenih otpadnih voda prvenstveno uklanjaju taložive suspendirane tvari, uz dodatni efekt istodobnog smanjenja BPK5 .

Ovi se postupci temelje se na fizikalno – kemijskim procesima koji u općem slučaju obuhvaćaju:

Tablica 5 postupci prvog stupnja pročišćavanja

POSTUPCI	
ZGRUŠAVANJE	<p>proces remećenja agregatne stabilnosti koloidnih čestica u otpadnoj vodi pomoću koagulanata (mineralnih soli i polielektrolita). Vrsta i doziranje sredstava za zgrušavanje određuje se ispitivanjem otpadnih voda.</p> <p>Miješanje se provodi zbog bržeg dodira koloidnih čestica i koagulanta u otpadnoj vodi.</p> <p>Pahuljičenje je proces spajanja koloidnih čestica, prethodno destabiliziranih procesom zgrušavanja, u veće pahuljice (flokule) koje se znatno brže talože.</p>
TALOŽENJE	<p>primjenjuje za uklanjanje taloživih raspršenih (organskih i anorganskih) tvari.</p> <p>kod pročišćavanja otpadnih voda razlikujemo dva stupnja taloženja:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ taloženje u prethodnim taložnicima, iz kojih se voda nakon prvog odvodi na drugi stupanj pročišćavanja, tj. na biološke procese,▪ taloženje u naknadnim taložnicima, u koje se dovodi voda pročišćena biološkim procesima u sklopu drugog stupnja pročišćavanja.

4.3 drugi stupanj pročišćavanja

U načelu, kod drugog stupnja pročišćavanja uobičajeni su biološki postupci koji mogu biti nadopunjeni i nekim fizikalno – kemijskim postupcima.

Tablica 6 postupci drugog stupnja pročišćavanja

POSTUPCI	
BIOLOŠKI PROCESI	<p>Pročišćavanje biološkim procesima temelji se na aktivnosti mikroorganizama koji razgrađuju mrtvu organsku tvar upotrebljavajući je kao hranu za gradnju novih stanica (umnožavanje).</p> <p>Uz razvoj mikroorganizama kao produkt bioloških procesa nastaju plinovi i nerazgradivi ostatak.</p> <p>Prema količini otopljenog kisika u otpadnoj vodi i prema prilikama u staništu mogući su sljedeći procesi:</p> <ul style="list-style-type: none">(a) aerobna gradnja i razgradnja stanica,(b) anaerobno kiselo vrenje i metanska razgradnja,(c) bakteriološka oksidacija i redukcija. <p>Aerobni procesi nastaju kada u vodi ima dovoljna količina otopljenog kisika. Kisik se troši prilikom razgradnje raspršene i koloidne organske tvari koju mikroorganizmi upotrebljavaju kao hranu. Istodobno mikroorganizmi razgrađuju vlastite stanice (respiracija) uz ponovnu potrošnju kisika. Aerobnim procesima se proizvodi višak žive i mrtve organske i anorganske tvari koji se naziva viškom mulja.</p> <p>Anaerobni procesi nastaju kad u vodi nema otopljenog kisika. Ovaj se proces odvija u dvije faze. U prvoj (kiseloj) fazi bakterije kiselog vrenja razgrađuju organsku tvar do organskih kiselina koje su hrana za metanske bakterije u drugoj (metanskoj) fazi razgradnje.</p> <p>Bakteriološka oksidacija i redukcija omogućuje oksidaciju željeza, mangana i sumpornih spojeva te redukciju i oksidaciju dušikovih spojeva.</p>
DEZINFEKCIJU	primjenjuje samo u posebnim slučajevima kada se želi smanjiti broj patogenih mikroorganizama.

4.4 treći stupanj pročišćavanja

Treći stupanj pročišćavanja otpadnih voda primjenjuje se samo u slučajevima kada je nužan vrlo visok stupanj pročišćavanja, odnosno kada je iz otpadnih voda potrebno ukloniti neke osebujne tvari (npr. otopljene soli, mikroorganizme, pesticide, deterdžente, otrovne i radioaktivne tvari i sl.).

Kod komunalnih otpadnih voda treći stupanj pročišćavanja se najčešće primjenjuje za uklanjanje hranjivih soli (prvenstveno dušika i fosfora) nakon provedenog drugog stupnja, kako bi se u vodu prijemniku spriječio proces eutrofikacije.

Načelno, postupci koji se primjenjuju u trećem stupnju pročišćavanja primjenjuju se i u industrijskim (tehnoškim) procesima (npr. u prehrambenoj industriji), te su za potrebe pročišćavanja otpadnih voda na odgovarajući način prilagođeni (modificirani).

Pročišćavanje otpadnih voda trećim stupnjem bazirano je na:

Tablica 7 postupci trećeg stupnja pročišćavanja

POSTUPCI	
FIZIKALNI PROCESI	procjeđivanje, adsorpcija, membranskim procesima, kojima se iz vode uklanjaju mutnoća, miris, boja, otopljene soli te mikroorganizmi
KEMIJSKI PROCESI	neutralizacija, kemijskom obaranju ili kemijskoj precipitaciji, ionskoj izmjeni, oksidaciji i redukciji, dezinfekciji), kojima se iz vode uklanjaju otopljene tvari, teški metali, mikroorganizmi, mijenja pH vrijednost te provodi pretvorba nekih opasnih spojeva u manje opasne,
BIOLOŠKI PROCESI	(uklanjanje dušika i fosfora), uklanjaju se (smanjuju) dušikovi i fosfori spojevi.

5. KUĆANSKE OTPADNE VODE

Nastaju u seoskim i gradskim naseljima nastale u kućanstvima, ugostiteljskim obrtima, uslužnim i drugim neproizvodnim djelatnostima. Temeljno svojstvo kućanskih otpadnih voda je njezina biološka razgrađivost. Sadrže visoke udjele organskih tvari koje se počinju razgrađivati čim dospiju u vodu. Sanitarne vode često su i smjesa voda od pranja ulica, javnih objekata, otpadne vode iz uslužnih djelatnosti i obrtničkih radionica. Otpadne vode iz kućanstava uglavnom sadrže otpatke nastale prilikom pripreme hrane, staru i pokvarenu hranu. Zajedno s ovim vodama miješaju se i sanitarne vode iz kućanstava kao i vode od pranja rublja. Otpadne vode iz uslužnih djelatnosti su vode iz ugostiteljstva, različitih servisa, slastičarni, pekara, mesnica i sl..

Tablica 8 podjela kućanskih otpadnih voda prema stupnju biološke razgradnje

PODJELA KUĆANSKIH OTPADNIH VODA PREMA STUPNJU BIOLOŠKE RAZGRADNJE	
SVJEŽE OTPADNE VODE	Biološka razgradnja još nije napredovala, koncentracija otopljenog kisika nije bitno manja od one u vodi iz vodovoda, sadrže kisik;
ODSTAJALE OTPADNE VODE	ne sadrže kisik, jer je potrošen za biološku razgradnju otpadne tvari, ne sadrže kisik;
TRULE VODE	Biorazgradnja je napredovala i odvija se bez prisustva kisika (anaerobno). Trula voda se nastoji izbjeći budući da dovodi do korozije. Uslijed procesa biorazgradnje te upotrebe vode u kupaonicama i kuhinjama temperatura otpadne vode je viša od temperature vodovodne vode. Prosječna temperatura otpadne vode iznosi od 11,6 do 20,5 °C. Upravo zbog porasta temperature ubrzavaju se i biološki procesi, kisik se više troši i povećava se opasnost od truljenja, anaerobna razgradnja.

Sastav otpadne vode iz kućanstva je različit i ovisi o nizu čimbenika kao što su: način života, klima, vodoopskrbnim sustavima te ostalim čimbenicima. Obiluju mikroorganizmima od kojih prevladavaju bakterije i virusi. Imaju višu temperaturu u odnosu na vodovodnu vodu za 16-20 °C, što pogoduje ubrzavanju bioloških procesa. Kućanske otpadne vode sadrže znatne količine krupne otpadne tvari kao što su papir, krpe, plastične vrećice, ostaci voća i povrća. Otpadne tvari u kućanstvu nalaze se u raspršenom koloidnom i otopljenom obliku. Približno jedna trećina od ukupnih krutina je u raspršenom obliku. Sitne čestice u koloidnom obliku čine otpadne vode izrazito mutnima. U načelu može se računati da su dvije trećine od ukupne raspršene i otopljene tvari organskog podrijetla. Organske tvari pretežno se nalaze kao bjelančevine (40-60%) i ugljikohidrati (25- 50%).

Najčešće se kao pokazatelj sastava kućanskih otpadnih voda upotrebljavaju:

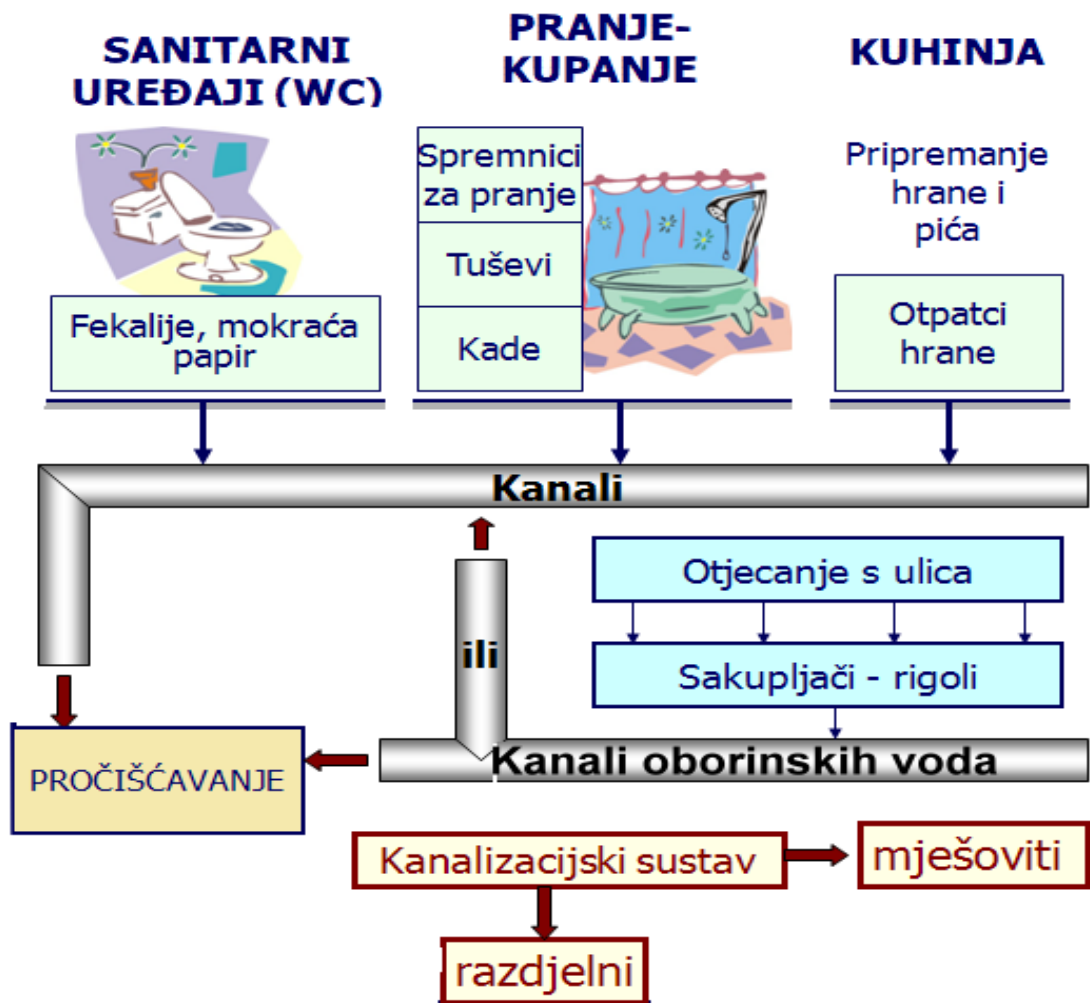
biokemijska potrošnja kisika,

količina raspršene tvari i

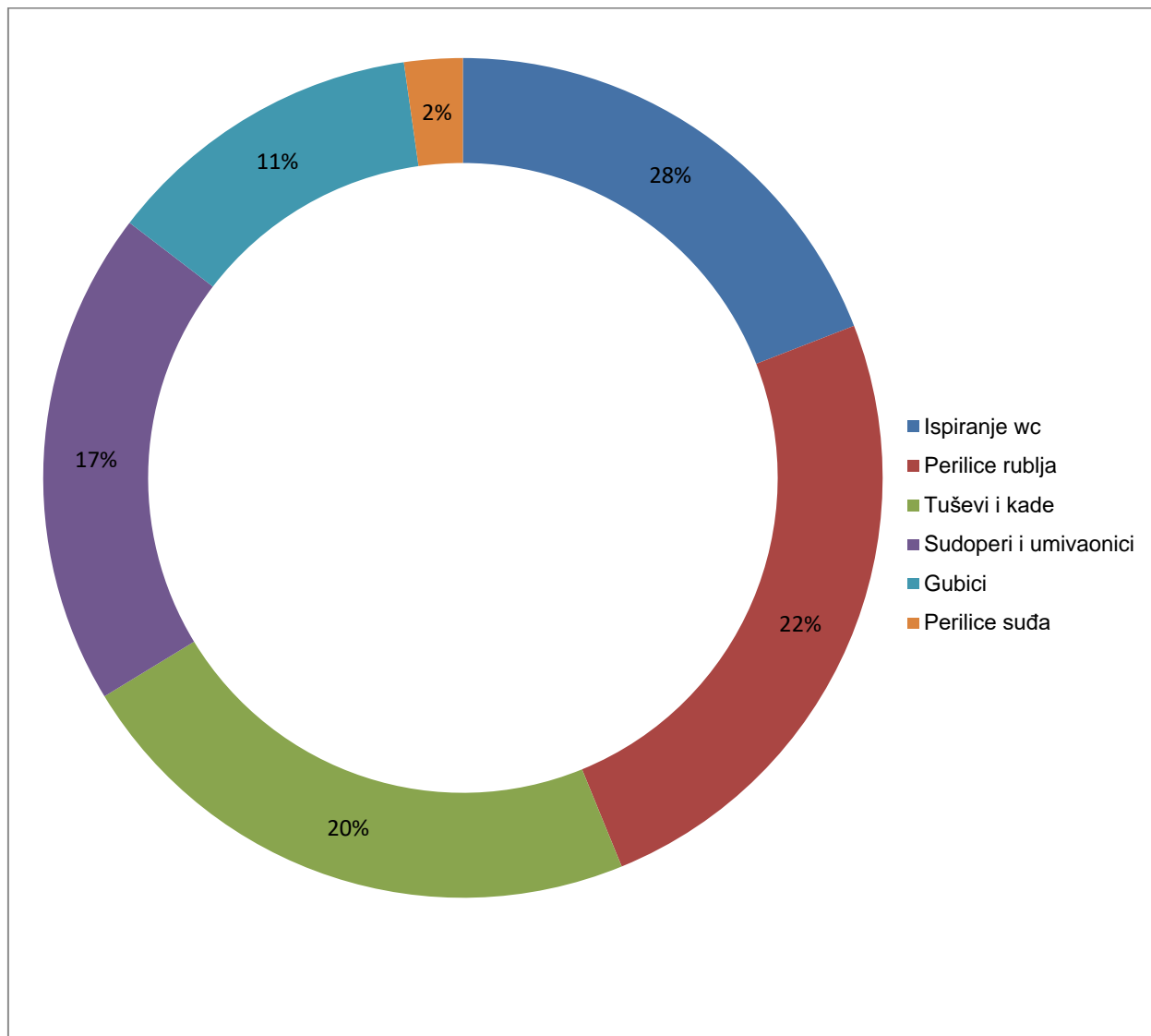
sadržaj mikroorganizama fekalnog porijekla.

Tablica 9 Prosječni sastav otpadnih voda iz kućanstva (prema Bouwer)

SASTOJAK / PARAMETAR	PROSJEČNA KONCENTRACIJA U OTPADNOJ VODI (mg/l)	PORAST KONCENTRACIJE U ODNOSU PREMA SASTAVU PROSJEČNE „PRIRODNE“ PITKE VODE
ORGANSKA TVAR	100	97
BBK	110	110
NATRIJ	135	70
KALIJ	15	10
AMONIJAK KAO (N)	40 do 80	40 do 80
KALCIJ	60	15
MAGNEZIJ	25	7
KLORIDI	135	75
NITRATI KAO (N)	6	5
NITRITI KAO (N)	0,6	0,6
KARBONATI	300	100
SULFATI	100	30
SILIKATI	50	15
FOSFATI	10 do 30	10 do 30
TVRDOĆA	270	70



Slika 6. Izvori onečišćenja sanitarnom vodom



Slika 7. Udio pojedinih sanitarnih predmeta i uređaja u ukupnoj potrošnji vode u kućanstvu

Tablica 10 podjela kućanskih (sanitarnih) otpadnih voda

PODJELA KUĆANSKIH (sanitarnih) OTPADNIH VODA	
FEKALNE VODE	fekalije, mokraća, papir- iz sanitarnih uređaja
POTROŠNE VODE	kuhinja – od pripreme hrane i pića, otpaci hrane osobna higijena– spremnici za pranje, tuševi, kade, stroj za pranje rublja

U postupku određivanja mjerodavnih količina kućanskih otpadnih voda potrebno je poznavati:

- broj stanovnika za predviđeno projektno razdoblje N
- specifični dotok otpadne vode q_{sp} (l/st/d)

Broj stanovnika N ovisi o lokalnim i općim socijalno – ekonomskim faktorima, te vremenski nije stalan. Definira se na temelju donesenog prostornog plana za usvojeno projektno razdoblje (20 – 50 godina). Ukoliko takav plan ne postoji, broj stanovnika se procjenjuje na bazi predvidive stope prirasta uz korištenje sljedeće jednadžbe:

$$N_p = N_s \cdot \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{PR}$$

gdje je:

N_p prognozirani broj stanovnika

N_s sadašnji broj stanovnika

p godišnji postotak prirasta

PR projektno razdoblje

Specifični dotok otpadne vode q_{sp} (l/st/d) definira se kao srednji dnevni dotok po jednom stanovniku. Ovisi o nizu faktora kao što su: standard življenja, cijena i kvaliteta vode, klimatske prilike, sanitarno-tehnička opremljenost stanova i izgrađenosti sustava odvodnje.

Tablica 11 Specifična potrošnja vode u kućanstvu

TIP OTPADNIH VODA	KOLIČINA (l/stan/dan)
Kuhinjske	20 - 40
Sanitarne	35 – 95
Tuševi	35 – 105
Otpadne vode od pranja	30 – 60
UKUPNO	120 – 300

Tablica 12 Specifična potrošnja vode u kućanstvu prema ATV – A118

VELIČINA NASELJA	SPECIFIČNI DOTOK OTPADNIH VODA (l/stan/dan
< 5.000	150
5.000 – 10.000	180
10.000 – 50.000	220
50.000 – 250.000	260
> 250.000	300

Tablica 13 Specifični dotok otpadnih voda za različite objekte

TIP OBJEKTA	JEDINICA	SPECIFIČNI DOTOK (litara/jedinica/dan)	
		raspon	prosjeak
Stambeni prostor (stan, kuća)	stanovnik	150 - 300	190
Ured	zaposlenik	26 - 61	49
Škola - osnovna	učenik	19 - 64	42
Škola - srednja	učenik	38 - 79	57
Zdravstvena ustanova	zaposlenik	19 - 57	38
	krevet	470 - 910	630
Starački dom	zaposlenik	19 - 57	38
	stanovnik	190 - 450	340
Restoran (klasični)	zaposlenik	30 - 45	38
	gost	30 - 38	34
Restoran (fast – food)	zaposlenik	30 - 45	38
	gost	11 - 30	23
Caffe bar	zaposlenik	30 - 45	38
	gost	8 - 15	11
Hotel (motel)	zaposlenik	30 - 49	38
	gost	150 - 230	190
Kamp	gost	50 - 350	150
Javni wc	korisnik	11 - 23	19
Trgovački centar (trgovina)	zaposlenik	26 - 49	38
	Parkirno mjesto	4 - 11	8
Industrija (manji proizvodni pogon)	zaposlenik	26 - 61	49
Kino	sjedalo	8 - 15	11
Servisne stanice	zaposlenik	34 - 57	49
	automobil	30 - 57	45

6. BILJNI UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE KUĆANSKIH OTPADNIH VODA

Posljednjih desetak godina biljni su uređaji u upotrebi i u hladnijim kontinentalnim područjima (nadmorske visine veće od 1.000 m.n.m.), u naših susjeda Austrijanaca, Slovenaca i Mađara. Biljni uređaji za pročišćavanje veoma su kompleksni biološki sistemi koji oponašaju procese u prirodi, stare koliko je star svijet. Tehnologija pročišćavanja biljnim uređajima stara je 40-tak godina, ali joj je posljednjih desetak godina posvećen znatan interes. Trenutno je u svijetu izgrađeno nekoliko tisuća biljnih uređaja.

Biljni uređaji (BU) umjetno su oblikovane močvare s ciljem stvaranja uvjeta kojima se pospešuje pročišćavanje otpadnih voda koje kroz njih protječu.

Odražavajući procese koji se odvijaju u prirodnim vodnim sustavima, biljni uređaji predstavljaju složen integriran sustav u kojemu uz interakciju vode, biljaka, životinja, mikroorganizama i okolišnih faktora dolazi do poboljšanja kvalitete vode. Kombinacijom fizikalnih, bioloških i kemijskih procesa unutar biljnog uređaja odvija se uklanjanje otpadne tvari iz sirove otpadne vode.

Biljni uređaji se koriste za pročišćavanje svih vrsta otpadnih voda, ali najviše za:

- pročišćavanje komunalnih otpadnih voda skupina kuća, farmi, naselja, kampova,
- otpadnih voda s autocesta,
- procjednih voda iz uređenih odlagališta otpada te voda koje sadrže otrovne tvari (teške metale, pesticide, fenole),
- pročišćavanje obojenih voda iz tekstilne industrije i organski onečišćenih otpadnih voda iz prehrambene industrije,
- sušenje mulja,
- zagađene oborinske vode s poljoprivrednih površina (netočkasto zagađenje),
- kondicioniranje pitke vode te zaštite izvora pitke vode, podzemnih voda i jezera,
- kućanstava kojima je udaljen priključak na javnu kanalizacijsku mrežu.

6.1 tipovi biljnih uređaja

Uzimajući u obzir smještaj biljnih uređaja i način njihova nastanka, dijele se na:

- prirodne biljne uređaje – obrada otpadnih voda na lokacijama gdje su prirodno nastali za što se koriste močvarni sustavi;
- umjetno izvedeni biljni uređaji – podrazumijevaju mjesto gdje ti uređaji nisu nastali prirodnim putem.

Umjetno izvedeni biljni uređaji dijele se na:

- biljne uređaje sa slobodnim vodnim licem (BUSV)
- biljne uređaje s potpovršinskim tokom (BUPT)

Biljni uređaji sa slobodnim vodnim licem, ovisno o biljkama koje u njemu rastu, dijele se na:

- biljni uređaji kojima dijelovi zasađenih biljaka izlaze iznad površine vode;
- biljni uređaji u kojima dijelovi biljaka plutaju po površini vode;
- biljni uređaji u kojima su biljke potopljene ispod razine vode.

Podpovršinski biljni uređaji, ovisno o smjeru toka vode kroz njih, mogu imati:

- horizontalni tok otpadne vode (BUHPT);
- vertikalni tok otpadne vode (BUVPT).

Dva su osnovna tipa biljnih uređaja, koja se razlikuju u odnosu na tip tečenja otpadne vode kroz njih:

- biljni uređaji sa slobodnim vodnim licem
- biljni uređaji s podpovršinskim tokom.

Kod oba je tipa izuzetno važno osigurati prethodno pročišćavanje sirove otpadne vode. Pri tome je u sklopu predtretmana važno postići što učinkovitije uklanjanje suspendirane tvari te ulja i masti.

Predtretman je sirove otpadne vode stoga standardna praksa vezana uz primjenu biljnih uređaja, najčešće u obliku prethodnog taloženja u više komornim septičkim tankovima (karakteristična praksa za manje uređaje) ili prethodnim taložnicima (karakteristična praksa za veće uređaje).

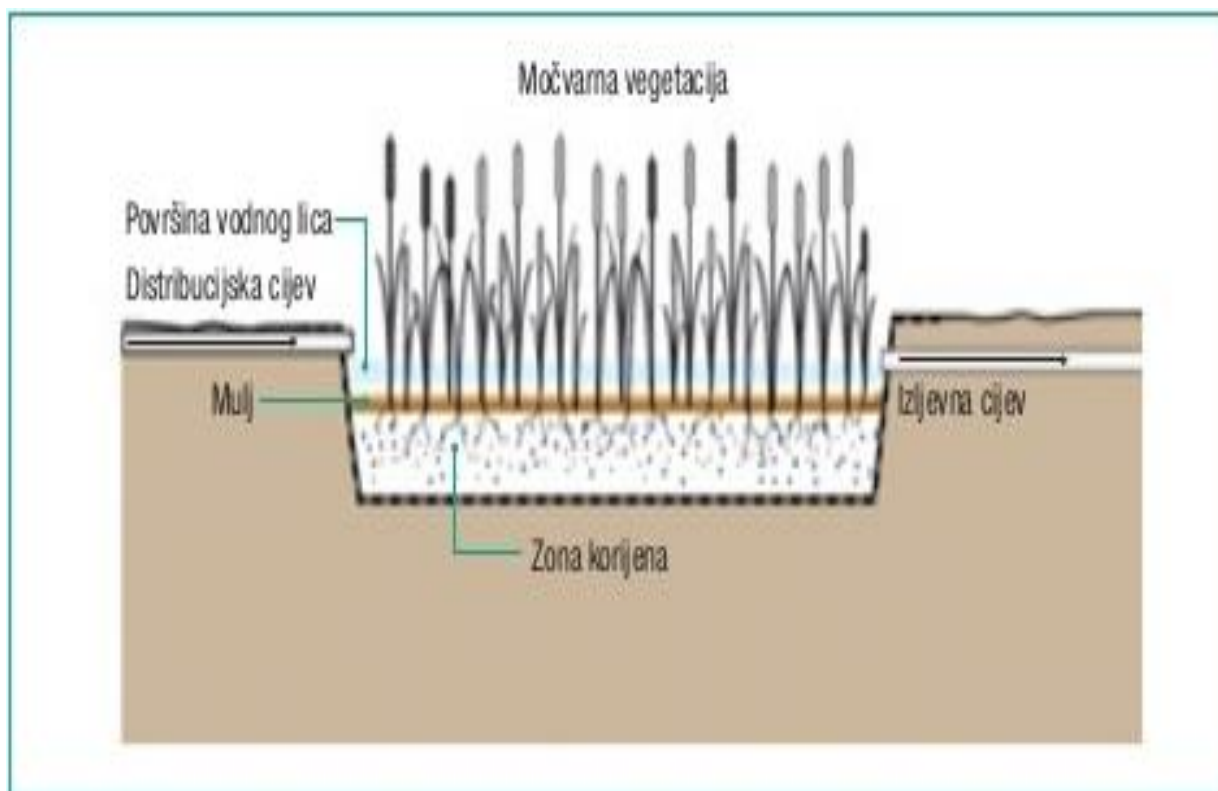
Zbog opasnosti od gubitka vode procjeđivanjem u tlo, a time u nekim slučajevima i do onečišćenja podzemnih voda, dno biljnih uređaja treba biti nepropusno ili slabo propusno. Taj se cilj može postići korištenjem slabo propusnih glina ili korištenjem vodonepropusnih obloga od sintetskih materijala (geomembrane). Može se reći da se danas gotovo isključivo koriste obloge od sintetskih materijala.

6.1.1 biljni uređaji sa slobodnim vodnim licem – BUSV

Sastoje se od relativno plitkih močvarnih bazena ili kanala kroz koje otpadna voda slobodnim tokom teče prema ispustu, a površina vode direktno je izložena utjecaju atmosfere. Izgledom nalikuju prirodnim močvarama.

Dno i pokosi bazena ili kanala oblažu se vodonepropusnim materijalom kako bi se spriječilo procjeđivanje nepročišćene vode u podzemlje, ali se istovremeno nasipavanjem dodatnog sloja zemlje na nepropusnu površinu mora omogućiti adekvatno zakorjenjivanje močvarne vegetacije.

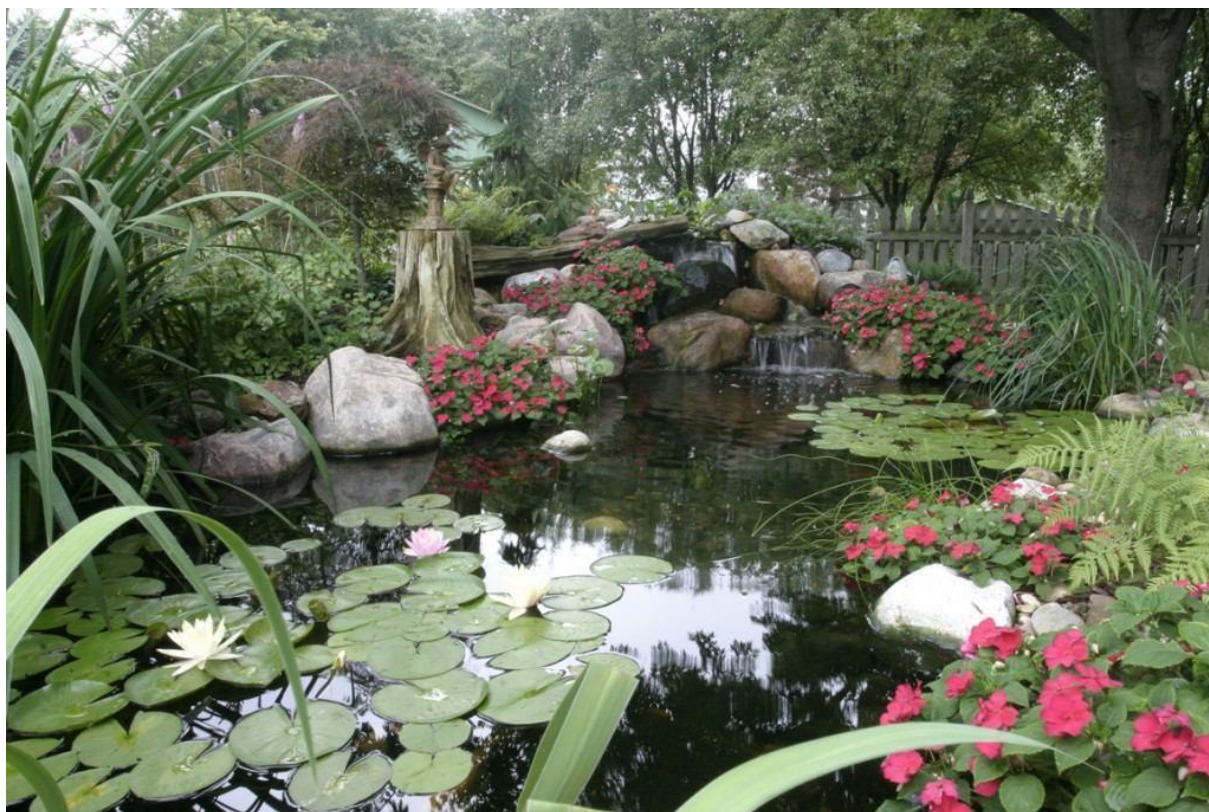
Određeni je dio površine BUSV prekriven močvarnom vegetacijom, koja ima važnu ulogu u procesima pročišćavanja i funkcioniranju uređaja.



Slika 8 BU sa slobodnim vodnim licem - BUSV



Slika 9 Biljni uređaj



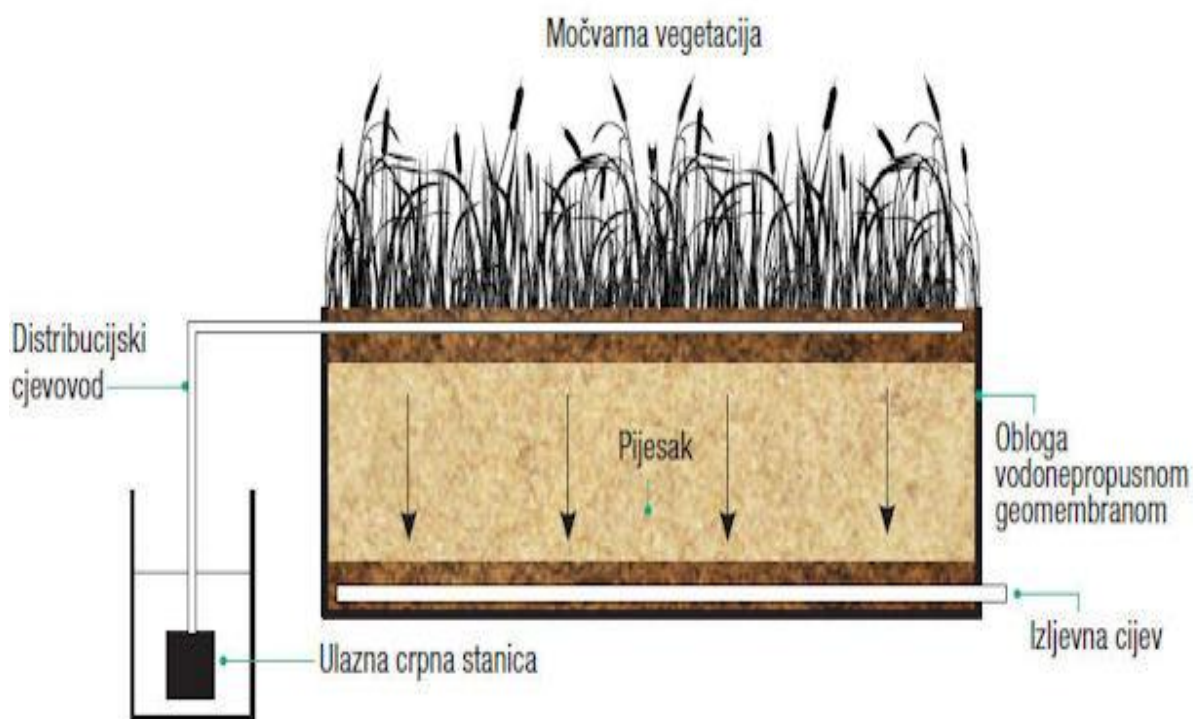
Slika 10 Biljni uređaj

6.1.2 biljni uređaji s podpovršinskim tokom – BUPT

BUPT su plitki kanali ili bazeni, obloženi vodonepropusnim materijalom i ispunjeni poroznom ispunom (supstratom). Različiti materijali mogu se koristiti kao supstrat, iako se najčešće primjenjuju pijesak, šljunak i kamen odgovarajuće granulacije. Tečenjem otpadne vode kroz supstrat dolazi do uklanjanja otpadne tvari procesima filtracije, sorpcije, taloženja i biološke razgradnje organske tvari.

BUPT se u odnosu na smjer tečenja otpadne vode kroz supstrat mogu podijeliti na:

- biljni uređaj s vertikalnim podpovršinskim tokom - BUVPT

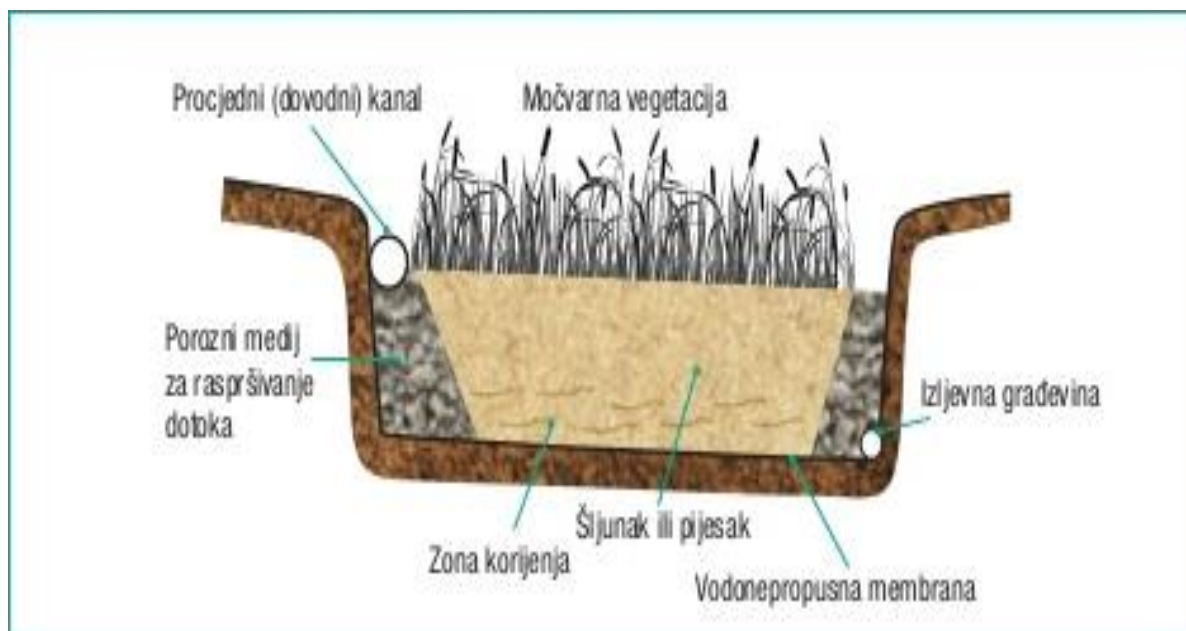


Slika 11 BU s vertikalnim podpovršinskim tokom - BUVPT

Promatrano od površine prema dnu BUVPT se sastoji od triju karakterističnih slojeva odgovarajuće debljine i karakteristika supstrata:

- površinski sloj sa supstratom od krupnog šljunka
- središnji filtarski sloj sa supstratom od pijeska (srednje do krupne granulacije)
- pridneni drenažni sloj sa supstratom od krupnog šljunka

- biljni uređaj s horizontalnim podpovršinskim tokom - BUHPT



Slika 12 BU s horizontalnim podpovršinskim tokom – BUHPT

BUHPT su građevine kod kojih otpadna voda teče horizontalno od uljevnog dijela prema izljevnom i pri tome se tečenje odvija ispod površine, unutar porozne ispune (supstrata).

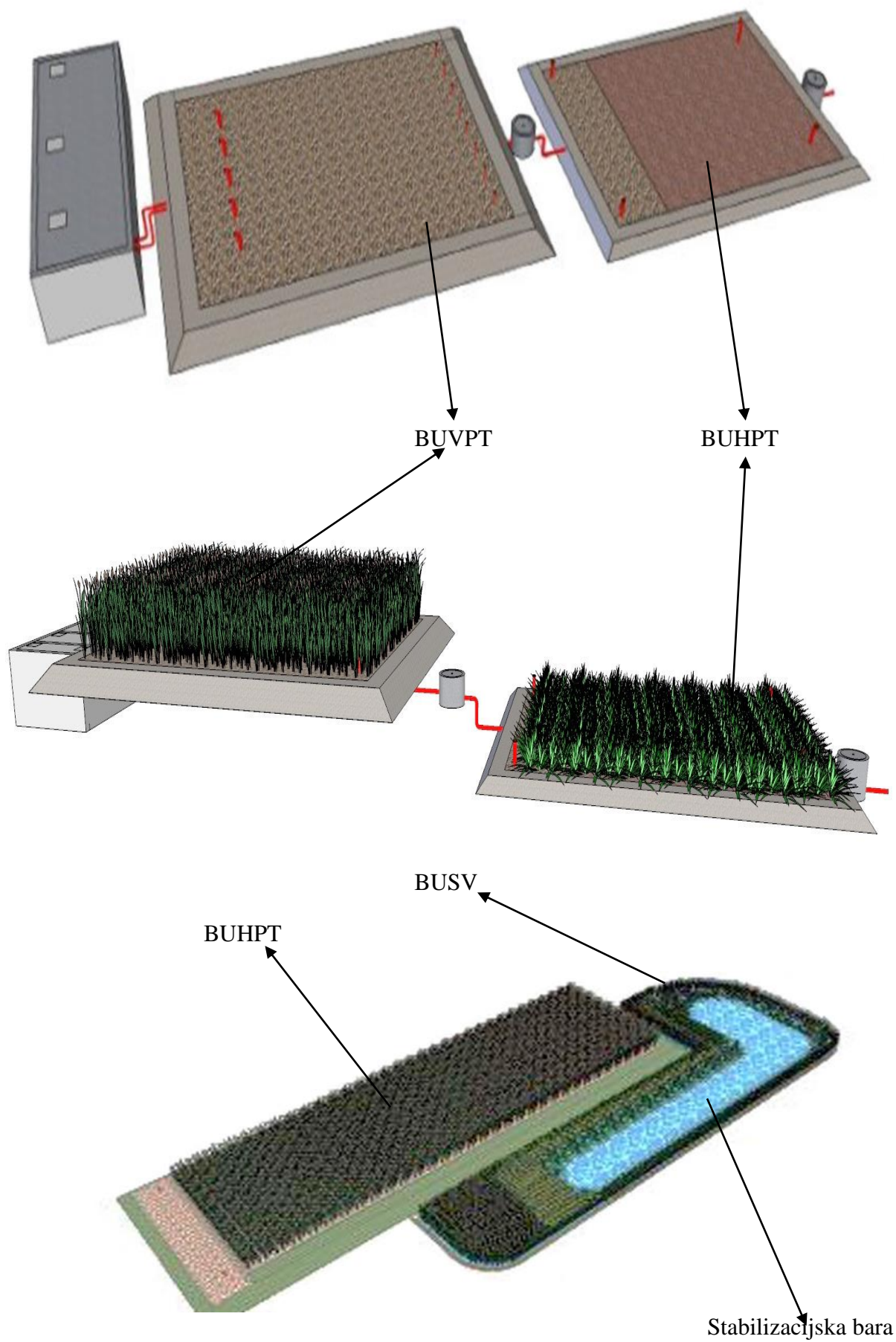
Samo tijelo BUHPT može se podijeliti u tri karakteristične zone (promatrano od uljevnog prema izljevnom dijelu) odgovarajuće debljine i karakteristika supstrata:

- uljevni dio sa supstratom krupnije granulacije (krupnim šljunkom, kamenom)
- glavni središnji filtarski dio sa supstratom od šljunka
- izljevni drenažni dio sa supstratom krupnije granulacije (krupnim šljunkom, kamenom).

6.1.3 hibridni biljni uređaji (HBU)

Hibridni biljni uređaji (HBU) sustavi su koje karakteriziraju dva ili više serijski povezanih bazena s različitim tipovima biljnih uređaja. Kombinacijom različitih tipova biljnih uređaja koriste se prednosti svakog od primijenjenih tipova te se ostvaruje veća učinkovitost pročišćavanja otpadnih voda, osobito pri uklanjanju dušika te patogenih mikroorganizama (bakterija i virusa).

Kod HBU česta je i kombinacija BUSV i BUPT. U tom su slučaju BUSV posljednji u nizu i preuzimaju funkciju završnog poliranja pročišćene vode.



Slika 13 Hibridni biljni uređaj

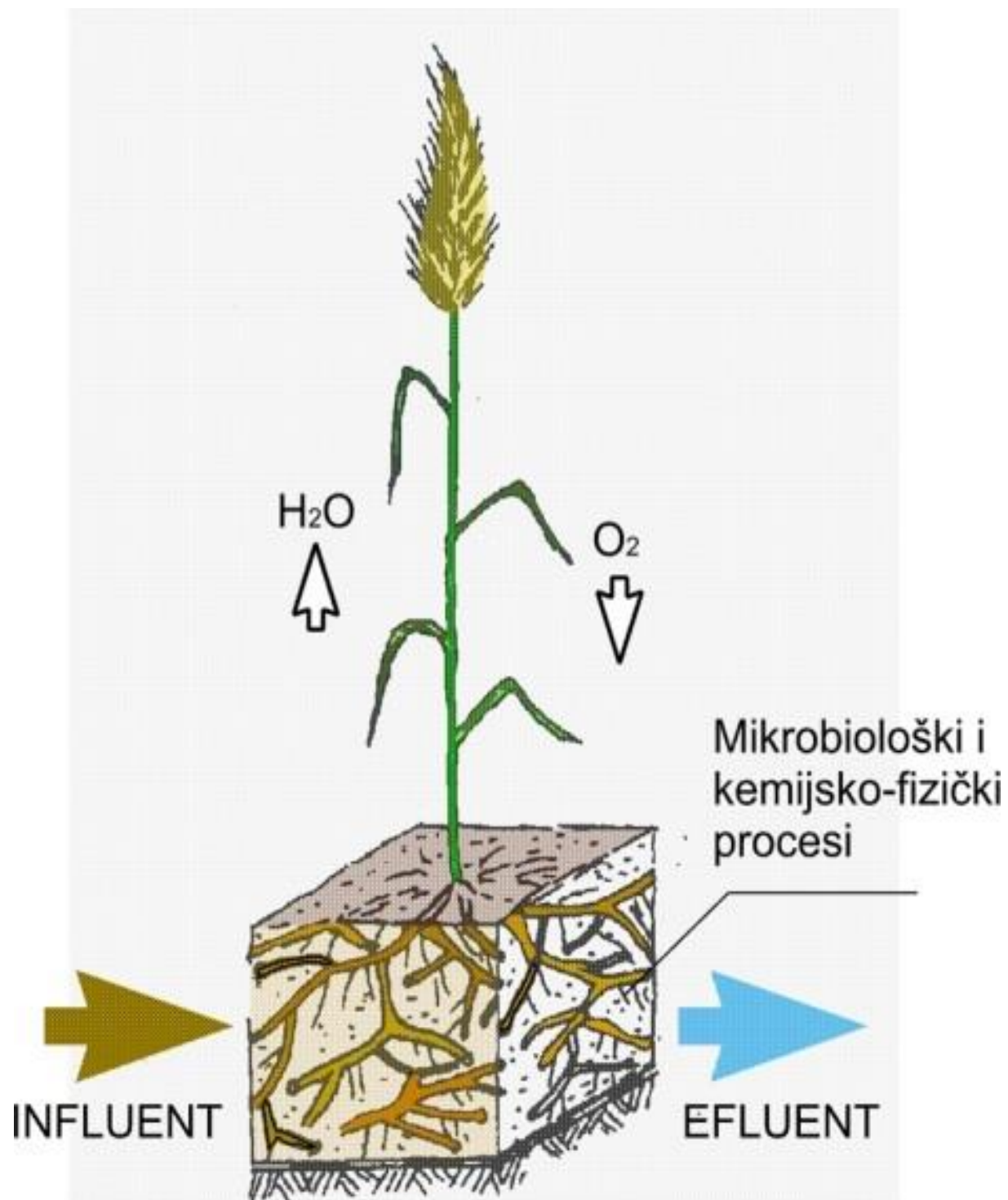
6.2 močvarna vegetacija

Dio tijela BUPT prekriven je biljkama čije stabljike i korijenje rastu kroz supstrat, a dio stabljike s listovima raste iznad površine.

Biljke koje se najčešće sade i siju u sklopu močvarnih sustava za pročišćavanje otpadnih voda su trska, rogoz, uspravni ježinac, obični oblič, žuta perunika, šaš, blještac i dr. Glavne su karakteristike navedenoga bilja njihova široka rasprostranjenost i prilagođenost različitim uvjetima, uključujući i relativno niske temperature (ispod 0°C). Preporučuje se odabir autohtone močvarne vegetacije.

6.2.1 uloga močvarne vegetacije:

- sustav korijenja sa stabljikom povećava površinu raspoloživu za razvoj mikroorganizama,
- struktura biljaka je takva da je omogućen prijenos kisika preko listova i stabljike do korijenja, odnosno, vrši se prijenos kisika u zonu korijenja,
- vegetacija na sebe veže i dio otpadnih tvari iz otpadne vode (dušik i fosfor), pridonoseći visokoj učinkovitosti pročišćavanja otpadnih voda,
- stabljike se pod utjecajem vjetra njišu i na taj način rahle supstrat održavajući hidrauličku provodljivost. Time se ujedno sprječava mogućnost začepljenja tijela ispune, a dodatno se osigurava i prijenos kisika unutar ispune otapanjem iz atmosfere,
- uginula vegetacija osigurava hranjivo za rast i razvoj mikroorganizama koji sudjeluju u pročišćavanju otpadne vode,
- tijekom zimskih mjeseci močvarna vegetacija djeluje kao toplinski izolator koji sprječava značajnije sniženje temperature vode unutar ispune i njezino smrzavanje, što se pozitivno odražava na odvijanje bioloških procesa razgradnje organske tvari,
- vegetacija pridonosi povećanju estetske vrijednosti biljnih uređaja.



Slika 14 prijenos kisika u zonu korijena

6.3 septički tank

Prije dotjecanja otpadne vode do BU potrebno je osigurati I. stupanj pročišćavanja. Ispuštanje sirove otpadne vode u BU, bez prethodnog tretmana, rezultiralo bi učestalim začepljenjem ispune i smanjenom učinkovitosti pročišćavanja.

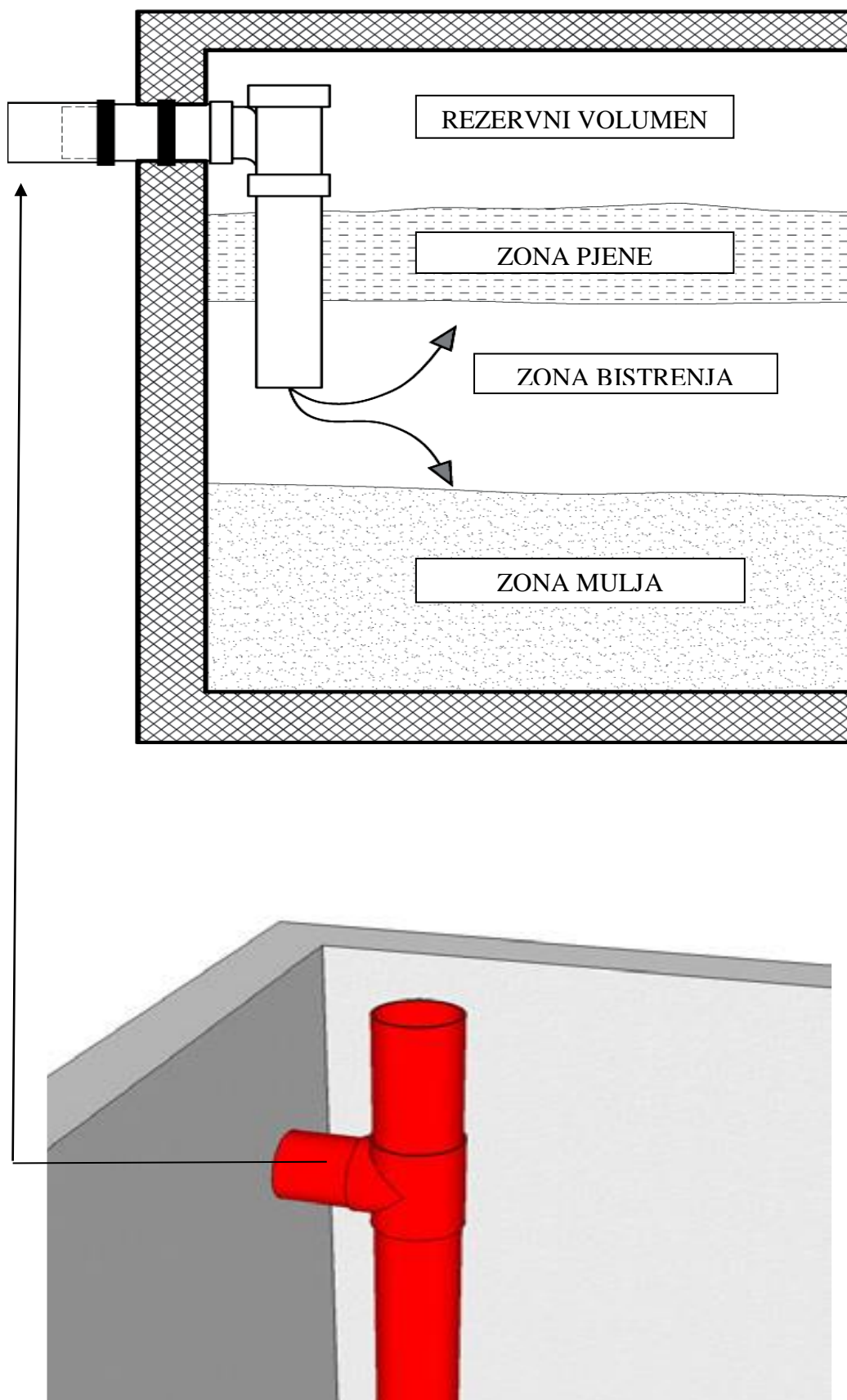
Učinkovit predtretman otpadnih voda jedan je od osnovnih preduvjeta uspješnog funkcioniranja BU i postizanja zadovoljavajućeg stupnja pročišćavanja, uz minimalne napore vezane uz njegovo održavanje.

Septički tank preporučuje se izvesti kao zatvoren višekomorni spremnik (s dvije ili tri komore) u koji se iz sustava javne odvodnje ulijeva sirova otpadna voda.

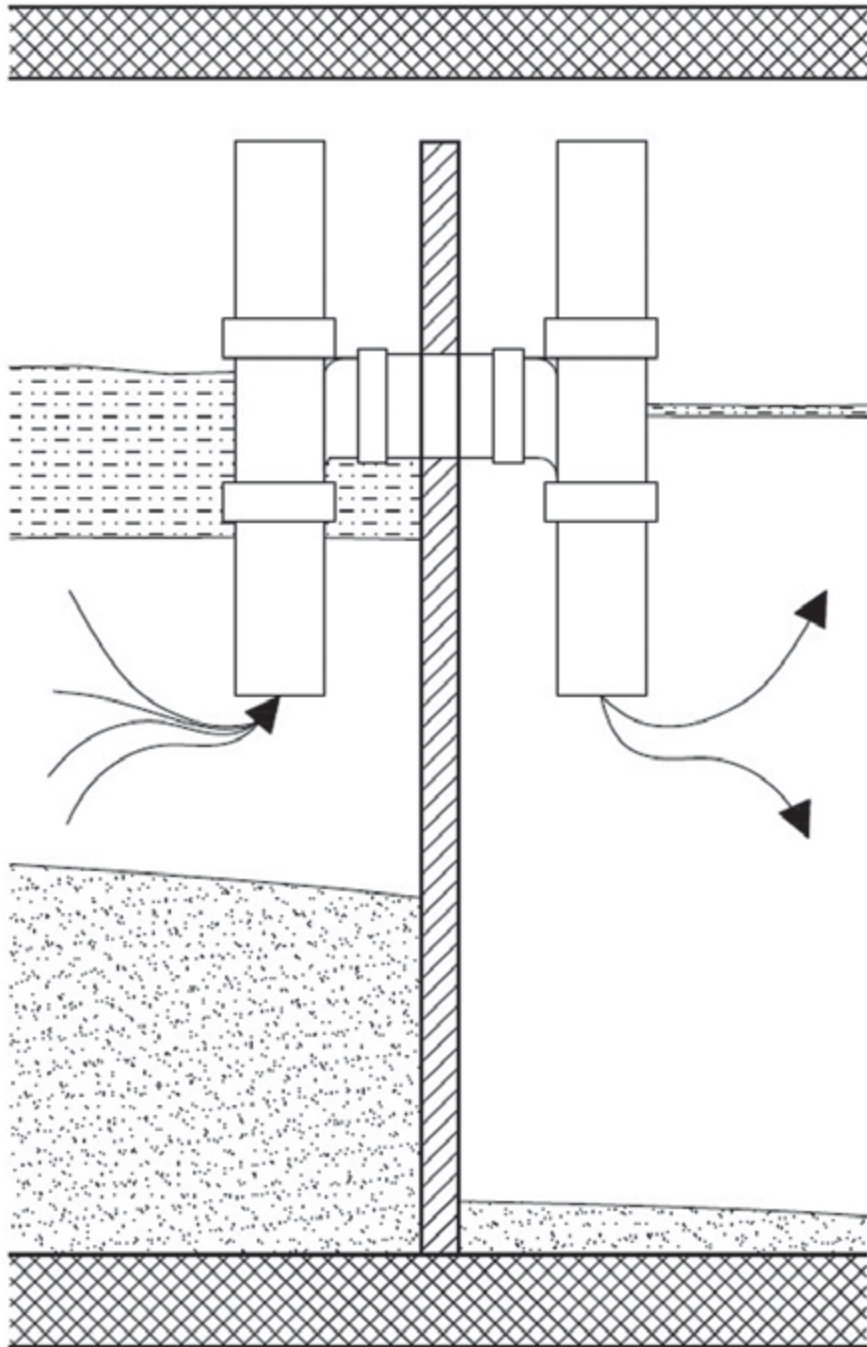
Duljim zadržavanjem otpadne vode u septičkom tanku omogućava se taloženje krutih čestica (težih od vode) koje se kao mulj nakupljaju na dnu tanka. Istovremeno dolazi i do isplivavanja čestica lakših od vode (ulja i masti) koje se nakupljaju na površini. Time se osigurava značajno uklanjanje ukupne suspendirane tvari te čestica ulja i masti.

Učinkovitost pročišćavanja otpadne vode u septičkom tanku različita je za pojedine pokazatelje kakvoće vode. Pravilnim oblikovanjem, dimenzioniranjem i izvođenjem septičkog tanka mogu se postići sljedeće učinkovitosti pročišćavanja:

- petodnevna biokemijska potrošnja kisika -BPK5: 25–50%,
- ukupno raspršene tvari - TSS: 50–70%,
- ukupni dušik - TN: 10%,
- ukupni fosfor - TP: 10%,
- ulja i masti: 70%.



Slika 15 Uljevni dio septičkog tanka



Slika 16 Uronjena pregrada s H cijevnim preljevom između dvije komore

7. PREDNOSTI I NEDOSTATCI BILJNIH UREĐAJA

Iako se biljni uređaji koriste već duži niz godina, još uvijek se ne može preko jasno prikupljenih i relevantnih informacija pristupiti njihovom optimalnom projektiranju jer i dalje nema dovoljno prikupljenih podataka o njihovim karakteristikama. U posljednjih nekoliko desetljeća napravljena su brojna istraživanja vezana uz područje biljnih uređaja te su utemeljene njihove mogućnosti i ograničenja. Neke od prednosti i nedostataka biljnih uređaja su dani u tablici

Tablica 14 Prednosti i nedostaci biljnih uređaja

BILJNI UREĐAJI	
PREDNOSTI	NEDOSTATCI
Rad pri različitim klimatskim i sezonskim uvjetima, djeluju kao prirodni i kao tzv. zeleni pojas	Relativno spori procesi obrade otpadne vode
Mogu pročišćavati veoma malene količine otpadne vode, npr . pojedinih samostojnih kuća, udaljenih hotela, kampirališta, turističkih centara	Potreban pad terena, a ako ga nema potrebna je strojarska oprema, crpke za dizanje otpadne vode
Visoka učinkovitost obrade procjedne vode s odlagališta	Relativno velika površina biljnih uređaja za obradu otpadne vode
Dobro se uklapaju u krajolik i osiguravaju život na staništu, nema neugodnih mirisa uzrokovanih radom uređaja za pročišćavanje	Visoke vrijednosti normalnog zadržavanja otpadne vode
Mogućnost uklanjanja sulfata tamo gdje su mogući mehanizmi uklanjanja precipitacijom s teškim metalima te gdje su moguće mikrobiološke sulfatne redukcije	Osjetljivost na anaerobne uvjete Uklanjanje korova, naročito tijekom sezone rasta, u početku dok se korisne biljne zajednice ne razviju.
Niski troškovi izgradnje, niski troškovi rada, Obično mogu biti izgrađeni od lokalnih materijala i saditi se autohtonim biljkama	Potrebno je nekoliko sezona rasta da bi se postigla optimalna gustoća vegetacije za procese obrade otpadnih voda
Manja količina proizvedenog mulja te njegovo lakše zbrinjavanje za razliku od konvencionalnih sustava u obradi komunalnih otpadnih voda	

8.ZAKON O VODAMA

Ovim se Zakonom uređuju pravni status voda, vodnoga dobra i vodnih građevina, upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje, posebne djelatnosti za potrebe upravljanja vodama, institucionalni ustroj obavljanja tih djelatnosti i druga pitanja vezana za vode i vodno dobro.

Zakon o vodama („Narodne novine“, br. [153/09](#) i [130/11](#));

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o vodama ("Narodne novine", br. [53/13](#));

Zakon o izmjeni Zakona o vodama ("Narodne novine", br.[14/14](#));

Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o poljoprivrednom zemljištu („Narodne novine“, br. [63/11](#)) djelomično ukinute pojedine odredbe Zakona o vodama.

8.1. zakon o financiranju vodnog gospodarstva

Ovim se Zakonom utvrđuju izvori sredstava za financiranje vodnoga gospodarstva, a osobito vodne naknade, uključivo obvezu plaćanja, obveznika, osnovicu, način obračuna, određivanje visine, namjene trošenja tih sredstava, ovrhu, zastaru i druga pitanja vezana za ostvarenje i korištenje tih sredstava.

Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva („Narodne novine“, br. [153/09](#) i [90/11](#));

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnog gospodarstva ("Narodne novine", br. [56/13](#))

Uredba o izmjeni Zakona o financiranju vodnog gospodarstva ("Narodne novine", br. [154/14](#))

Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o prostornom uređenju i gradnji („Narodne novine“, br. [90/11](#)) djelomično ukinute pojedine odredbe Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva.

Uredba o izmjeni Zakona o financiranju vodnog gospodarstva ("Narodne novine". br. [119/15](#))

8.2 upravljanje vodama

Upravljanje vodama čini skup aktivnosti, odluka i mjera čija je svrha održavanje, poboljšanje i ostvarivanje jedinstva vodnog režima na određenom području, što se ostvaruje osobito osiguravanjem potrebnih količina vode odgovorajuće kakvoće za različite namjene, zaštitom voda od onečišćenja, uređenjem vodotoka i drugih voda i zaštitom od štetnog djelovanja voda.

Upravljanje vodama zasniva se na načelima:

1. voda je nezamjenjiv uvjet života i rada. Obveza je svih osoba s pažnjom čuvati njezinu kakvoću, štedljivo i racionalno je koristiti, uz jednake zakonom utvrđene uvjete,
2. vodama se upravlja prema načelu jedinstva vodnog sustava i načelu održivog razvoja kojim se zadovoljavaju potrebe sadašnje generacije i ne ugrožavaju pravo i mogućnost budućih generacija da to ostvare za sebe,
3. teritorijalne jedinice za upravljanje vodama jesu vodna i slivna područja kao hidrografske i gospodarske cjeline. Granice administrativno-teritorijalnih jedinica ne mogu biti zaprekom za integralno upravljanje vodama na tim područjima,
4. u pripremi i donošenju planova koji su osnova upravljanja vodama polazi se od obveze cjelovite zaštite okoliša i ostvarivanja općeg i gospodarskog razvoja Republike Hrvatske,
5. za korištenje voda koje prelaze granice dopuštene opće uporabe, kao i za svako pogoršanje kakvoće vode, plaća se naknada razmjerno koristi odnosno stupnju i opsegu utjecaja na promjene u stanju voda,
6. propisima kojima se utvrđuju zadaci i obveze za ulaganja u poboljšanje vodnog sustava moraju se utvrditi i izvori za njihovo financiranje.

8.3 zaštita voda

Zaštita voda ima za cilj:

- spriječiti daljnje pogoršanje, zaštititi i poboljšati stanje vodnih ekosustava, te s obzirom na potrebe za vodom, kopnenih ekosustava i močvarnih područja izravno ovisnih o vodnim ekosustavima;
- promicati održivo korištenje voda na osnovi dugoročne zaštite raspoloživih vodnih resursa;
- bolje zaštititi i poboljšati stanje vodnog okoliša, među ostalim i putem specifičnih mjera za postupno smanjenje ispuštanja, emisija i rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste, te prekid ili postupno ukidanje ispuštanja, emisija ili rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste;
- osigurati postupno smanjenje onečišćenja podzemnih voda i sprječavati njihovo daljnje onečišćenje, te pridonijeti ublažavanju posljedica poplava i suša.

Ostvarenjem ciljeva iz stavka 1. ovoga članka pridonosi se:

- očuvanju života i zdravlja ljudi,
- osiguravanju dostatnih količina površinskih i podzemnih voda dobre kakvoće potrebnih za održivo, uravnoteženo i pravično korištenje voda,
- znatnom smanjenju onečišćenja podzemnih voda,
- zaštiti kopnenih površinskih voda i morskih voda,
- postizanju ciljeva mjerodavnih međunarodnih ugovora, uključujući i one koji su usmjereni na uklanjanje onečišćenja morskog okoliša sukladno propisima kojima se osigurava prekidanje ili postupno ukidanje ispuštanja, emisije i rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste, a s konačnim ciljem postizanja vrijednosti u morskom okolišu bliskih temeljnim koncentracijama tvari koje se prirodno javljaju i koncentracija oko nule za sintetske tvari i
- sprječavanju daljnjeg pogoršanja te zaštititi i poboljšanju stanja vodnih ekosustava te, s obzirom na potrebe za vodom, kopnenih ekosustava i močvarnih područja izravno ovisnih o vodnim ekosustavima.

Zaštita voda ostvaruje se donošenjem provedbenih propisa iz ovoga poglavlja, nadzorom nad stanjem kakvoće voda i izvorima onečišćavanja, kontrolom onečišćenja, zabranom ispuštanja onečišćujućih tvari u vode i zabranom drugih radnji i ponašanja koja mogu izazvati onečišćenje vodnoga okoliša i okoliša u cjelini, građenjem i upravljanjem građevinama

odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda te drugim mjerama usmjerenim očuvanju i poboljšavanju kakvoće i namjenske korisnosti voda.

8.4 ispuštanje, odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda

Kontrola ispuštanja otpadnih voda, kao i druge emisije po posebnim propisima, u cilju zaštite voda i vodnoga okoliša provodi se prema načelima i pravilima:

- otklanjanja štete na izvoru nastanka,
- kombiniranog pristupa i
- onečišćivač plaća.

8.5 granične vrijednosti emisija

Pravne i fizičke osobe mogu ispuštati otpadne vode u okviru propisanih graničnih vrijednosti emisija. Granične vrijednosti emisije propisuju se za pojedine onečišćujuće tvari ili skupine onečišćujućih tvari:

1. u tehnološkim otpadnim vodama prije njihova ispuštanja u građevine javne odvodnje ili u septičke ili sabirne jame,
2. u svim pročišćenim ili nepročišćenim otpadnim vodama koje se ispuštaju u vode te
3. u otpadnim vodama koje nisu tehnološke, a ispuštaju se u građevine javne odvodnje, septičke i sabirne jame.

Ministar pravilnikom propisuje granične vrijednosti emisija otpadnih voda iz stavka 2. točke 1. i 2. ovoga članka, uvjete privremenoga dopuštenja ispuštanja otpadnih voda iznad propisanih količina i graničnih vrijednosti emisija, kriterije i uvjete prikupljanja, pročišćavanja i ispuštanja komunalnih otpadnih voda te iznimno dopuštena ispuštanja u podzemne vode.

Za otpadne vode koje nisu tehnološke, a koje se pri obavljanju gospodarske djelatnosti ispuštaju u sustav javne odvodnje ili u septičke ili sabirne jame, u količini većoj od 30 prostornih metara (m³) dnevno, propisom iz stavka 3. ovoga članka odredit će se slučajevi:

- za koje se propisuje jedinstveni fiksni koeficijent pokazatelja onečišćenja, odnosno
- koji podliježu obvezi iz članka 65. stavka 1. Zakona o vodama.

Granične vrijednosti emisije tvari u pravilu vrijede na izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, neovisno o razrjeđenju u prijemniku. Kod neizravnih ispuštanja u vodu, pri određivanju granične vrijednosti emisije može se uzeti u obzir učinak uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, pod uvjetom da se jamči jednaka razina zaštite okoliša u cjelini, te da to ne dovodi do više razine onečišćenja okoliša.

8.6. vodopravna dozvola

Vodopravna dozvola potrebna je za ispuštanje otpadnih voda i za korištenje voda, pod pretpostavkama propisanim člancima 152. i 157. Zakona o vodama.

Vodopravne dozvole izdaju Hrvatske vode. Vodopravna dozvola je potrebna za svako ispuštanje otpadnih voda za koje se propisom iz članka 60. stavka 3. Zakona o vodama propisuju granične vrijednosti emisija.

Vodopravne dozvole izdaju se na određeno vrijeme, a najduže na vrijeme od 15 godina.

Vodopravna dozvola za ispuštanje otpadnih voda sadrži:

1. dopuštene količine otpadnih voda,
2. granične vrijednosti emisija,
3. obvezu monitoringa i dostavljanja podataka, u skladu sa člankom 44. stavkom 6.

Zakona o vodama i

4. druge obveze utvrđene propisom iz članka 142. Zakona o vodama.

Uz sadržaj iz stavka 1. ovoga članka, vodopravna dozvola za ispuštanje otpadnih voda, koja se izdaje korisnicima koji iz postojećih građevina ispuštaju otpadne vode, može sadržavati i privremeno dopuštenje ispuštanja otpadnih voda u količinama iznad onih propisanih propisom iz članka 60. stavka 3. ovoga Zakona i graničnim vrijednostima emisija višim od onih propisanih propisom iz članka 60. stavka 3. ovoga Zakona, a u razdoblju određenom tim propisom (razdoblje prilagodbe). Razdoblje prilagodbe je jednokratno.

9. ZAKLJUČAK

Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, prema dosadašnjim podacima, jednostavan su, prihvatljiv i ekonomski opravdan način zaštite voda i okoliša uopće, a sadašnji kriteriji i smjernice mogu se u budućnosti daljim istraživanjima modificirati i usavršiti. U takvim sustavima bazeni s biljnim vrstama prilagođenim na vodu u kombinaciji s biološkim filtrima upotrebljavaju se za pročišćavanje otpadnih voda, prema uvjetima propisanim u zakonskoj regulativi. Ti se postupci mogu iskoristiti u širokom spektru komunalnih i kućanskih otpadnih voda, u oborinskom otjecaju s prometnih i poljoprivrednih površina, s objekata uzgoja stoke, s aerodroma, pa procjednih voda deponija, a posebno su poželjni u zaštićenom području i u nacionalnim parkovima, gdje prirodna tehnologija ima posebno mjesto. Osim toga izgradnja takvih uređaja koji funkcioniraju bez velikog utroška energije, ali uz maksimalno iskorištavanje procesa koji se i inače zbivaju u prirodi, izvanredno se dobro uklapaju u ideju održivog razvitka i općenito u ekološki pristup zaštiti voda koji u svijetu danas poprima glavno značenje.

10. LITERATURA

1. Fizikalno i kemijsko ispitivanje zagađenosti voda
2. Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode
3. Pročišćavanje otpadnih voda – seminar- Zagrebačko učilište, ustanova za obrazovanje odraslih ZAGREB, Kruga 15
4. Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda Marija Šperac, Jelena Kaluđer, Željko Šreng
5. Narodne novine Zakon o vodama
6. Prečišćivači otpadnih voda Aguatec – POV za obiteljske kuće
7. (<http://hr.wikipedia.org/wiki/Voda>, 2015.).
8. Inženjerstvo zaštite okoliša prof.dr.sc. Z.Prelec
9. Tehnologija voda i obrada otpadnih voda M. Habuda
10. Unizd onečišćenje i zaštita voda
11. Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Dražen Vouk, Davor Malus, Stanislav Tedeschi
12. Strategija upravljanja vodama (NN 91/08)
13. www.opskrba vodom i odvodnja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
14. Obrada otpadnih voda biljnim uređajima, Nikola Ružinski, Aleksandra Anić Vučinić,
15. Priručnik za učinkovitu primjenu biljnih uređaja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda Davor Malus, Dražen Vouk
16. Voda od nastanka do upotrebe Darko Mayer